ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

SUR LES

EFFETS PHYSIOLOGIQUES DES FLUORURES

ET

DES COMPOSÉS MÉTALLIQUES EN GÉNÉRAL

PAR

A. RABUTEAU

DOCTEUR EN MÉDECINE

Licencié ès sciences physiques, licencié ès sciences naturelles,
Professeur particulier de thérapeutique, de médecine légale, de toxicologie
et des sciences appliquées à la médecine.



PARIS

GERMER BAILLIÈRE, LIBRAIRE-ÉDITEUR

RUE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 17

Londres
Hipp. Baillière, 219, Regent street.

New-York
Baillière brothers, 440, Broadway

MADRID, C. BAILLY-BAILLIÈRE, PLAZA DEL PRINCIPE ALFONSO, 16.

1867

Je m'étais proposé d'abord, comme but unique, d'étudier les effets des fluorures sur les êtres vivants. Au milieu de mes recherches, j'ai découvert une relation entre l'activité physiologique des métaux et leur poids atomique, ou, si l'on veut encore, entre cette activité et leur chaleur spécifique. Dès lors mon travail s'est divisé en deux parties : la première, ayant trait aux fluorures; la seconde, ayant pour objet la démonstration de la loi que j'avais trouvée. Étudier les effets physiologiques de tous les fluorures et de tous les métaux connus est une tâche longue et difficile ; aussi ne puis-je en présenter aujourd'hui qu'une ébauche; il me faudra près d'une année pour l'achever.

Toutes mes recherches ont été faites dans les laboratoires

de M. Wurtz, à l'École de médecine, et de M. Robin, à l'École pratique. Je remercie publiquement mes deux maîtres vénérés de l'accueil bienveillant qu'ils m'ont toujours témoigné.

Je dois aussi mes remercîments à mes collègues, MM. les docteurs Legros et Goujon, qui m'ont aidé dans mes expériences.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

SUR

ES EFFETS PHYSIOLOGIQUES DES FLUORURES

ET DES COMPOSÉS MÉTALLIQUES EN GÉNÉRAL

PREMIÈRE PARTIE

FLUORURES

On appelle *fluor* ou *phthore* (1) (de φθείρω, je détruis) le nétalloïde qu'on suppose exister dans un groupe de corps omparables aux chlorures, aux bromures, aux iodures, et ésignés sous le nom de *fluorures*. Le plus anciennement onnu de ces corps est le spath fluor ou spath fusible.

Malgré les tentatives de Davy, de MM. Knox, de Louyet, ; les travaux récents de M. Fremy, le fluor n'a jamais été olé d'une manière certaine. Sans doute on peut le faire sortir e ses combinaisons, mais aussitôt qu'il devient libre, il en orme de nouvelles, en attaquant les corps avec lesquels il se rouve en contact. Ainsi, Davy ayant voulu décomposer le uorure d'argent par le chlore, dans un vase de verre, obnt du chlorure d'argent et du fluorure de silicium ; dans un asc de platine, il se forma du fluorure de platine.

(1) Ce dernier nom, proposé par Ampère, n'a pas prévalu.

ÉTAT NATUREL DU FLUOR. — SA DIFFUSION DANS LES TROIS RÈGNES.

1° *Règne minéral.* — Le fluor n'est point rare dans le règne minéral. Ses combinaisons naturelles les plus importantes sont les suivantes :

1° Le *fluorure de calcium*, $CaFl^2$ (1), appelé encore *fluorine*, *chaux fluatée*, *spath fluor* et *spath fusible*, parce qu'il est employé comme fondant dans les opérations métallurgiques. C'est dans ce corps qu'on a reconnu, pour la première fois, la fluorescence. Il cristallise en cubes et plus rarement dans les formes qui en dérivent, telles que l'octaèdre, le dodécaèdre, etc. Ses nuances variées le font rechercher pour en faire des objets d'art.

Le fluorure de calcium se trouve surtout dans les roches anciennes et dans le terrain silurien. Il y accompagne les filons métallifères et particulièrement ceux de *cassitérite* (acide stannique), de *blende* (sulfure de zinc) et de *galène* (sulfure de plomb). On le rencontre également, mais en faible quantité, dans les terrains secondaires et tertiaires qui ont été traversés par des filons ou par des sources minérales. « On l'a observé en petits cubes incolores, au milieu des bancs du calcaire grossier, dans Paris et même tout près du Jardin des Plantes, et aux portes de cette ville, à Neuilly, dans des portions de ce calcaire qui sont cristallisées en rhomboèdres aigus, et qui renferment des cristaux de quartz hyalin. » (Delafosse, *Cours de minéralogie*.)

2° La *cryolithe*, fluorure double d'aluminium et de sodium,

(1) Les formules chimiques que j'emploie sont les formules atomiques et unitaires.

l^2Fl^6, $6NaFl$, découverte par Giesecke au Groenland, où elle orme, dans le gneiss, des couches de cinq à six pieds d'épais-eur. On s'en sert avantageusement pour l'extraction de l'alu-iinium.

3° L'*yttrocérite*, fluorure double de cérium et d'yttria, et *fluocérite*, $CeFl^6$, qui lui est associée. Ces minéraux sont ares; on en trouve dans les pegmatites de Suède.

4° La *topaze*, qui est un fluorure double d'aluminium et de ilicium uni à du silicate d'aluminium.

5° Enfin le fluor fait partie de quelques autres minéraux, els que l'*apatite*, la *lépidolithe*, la *hornblende*, le *pyrochlore*, a *wagnérite*, etc.

D'après les recherches de M. Nicklès sur la diffusion du uor (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1857, . XLV), il existe des fluorures dans les eaux potables et ans toutes les eaux minérales; celles-ci en contiennent en rès-forte proportion, tandis que les premières n'en ren-erment que des traces. Les diverses eaux minérales ne sont as également riches en fluorures; les plus riches, de celles ue M. Nicklès a examinées, sont les eaux de Contrexéville, 'Antagoast et de Châtenois (Bas-Rhin). Un litre de ces eaux uffit pour donner des marques non équivoques de la pré-ence du fluor. Au contraire, l'eau de mer (Atlantique) n'en ontient pas en proportions sensibles dans 300 litres. 'eau de Seine prise à Paris, l'eau du Rhin prise près de trasbourg, sont celles qui en renferment le moins. L'une les eaux fluviales de France les plus riches en fluorures st celle de la Somme prise à Amiens. Enfin, M. Nicklès ense que la loi de diffusion du fluor dans l'écorce terrestre eut se formuler ainsi : « Il y a du fluorure de calcium dans

toutes les eaux qui renferment du bicarbonate de chaux; il peut y avoir du fluor dans les roches et les minéraux qui se sont formés par voie de sédiments. »

C'est par la présence des fluorures que M. Nicklès explique l'efficacité de certaines eaux minérales peu riches en principes chimiques. Telles sont les eaux de Plombières. « Ces eaux, dit C. James, sont tellement insignifiantes qu'on ne sait à quelle classe les rattacher; et pourtant, ajoute-t-il, ces eaux jouissent des propriétés thérapeutiques les plus réelles et les plus importantes. » On peut en dire autant des eaux de Contrexéville; elles sont plus riches en principes minéraux que celles de Plombières; elles renferment également plus de fluorures.

Règne végétal. — Nous ne savons rien sur la présence du fluor dans les végétaux, si ce n'est qu'il s'y trouve en proportions très-restreintes. Pour en obtenir des traces, dit M. Nicklès, il faut opérer sur le produit de l'évaporation de quelques mille litres d'eau.

Règne animal. — Berzelius est le premier qui ait signalé la présence du fluorure de calcium dans les os et dans l'émail des dents. C'est ce corps qui donne à la substance vitrée son éclat et sa dureté remarquables. Morichini l'a trouvé le premier dans l'ivoire fossile. D'autres chimistes se sont livrés à des recherches analogues ; plusieurs même ont examiné les squelettes des animaux des âges anciens. Parmi ces chimistes, il faut citer Proust, Fourcroy, Vauquelin, Chevreul, Brandes, Bergmann, Marchand, de Bibra, Middleton, Lassaigne, Lehmann, Pressier et Girardin, Fremy, Nicklès. C'est dans les dents d'un anoplotherium qu'on en a trouvé le plus

(16 pour 100, Lassaigne), et dans les côtes d'un hydrarchos (16 pour 100, Lehmann). Liebig a fait voir que les squelettes trouvés à Pompéi renfermaient plus de fluorure de calcium que les squelettes de nos contemporains. Le fluor ne se trouve pas seulement dans les os des vertébrés, mais encore dans le test des mollusques et dans divers liquides de l'organisme. Berzelius a annoncé, il y a longtemps déjà, que les eaux de l'amnios renferment un fluorure ; je me propose de faire des recherches à ce sujet. M. Nicklès (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1856, t. XLIII) a trouvé du fluor dans le sang de l'homme et de plusieurs mammifères et oiseaux (porc, mouton, bœuf, chien, dindon, canard, oie, poulet). D'après ce chimiste, il y a du fluor dans l'urine, dans la bile, dans la salive ; il y en a dans l'albumine de l'œuf, dans les poils, dans les cheveux ; en un mot, l'organisme animal est pénétré de fluor, on peut s'attendre à le trouver dans tous les liquides qui l'imprègnent.

Tel est l'exposé rapide de nos connaissances actuelles sur la répartition du fluor. Je crois utile de le compléter, en indiquant les résultats de quelques analyses choisies parmi celles qui m'ont paru les plus importantes.

ANALYSE DE DIVERS OS, PAR BERZELIUS.

Principes constituants.	Os de l'homme.	Émail de l'homme.	Os de bœuf.	Émail de bœuf.
Cartilage	32,70	»	33,30	3,56
Vaisseaux sanguins	1,13	»		
Fluorure de calcium	2,00	3,20	2,50	4,00
Phosphate de chaux	51,04	85,30	55,85	81,00
Carbonate de chaux	11,30	8,00	3,85	7,10
Phosphate de magnésie	1,16	1,50	2,05	3,00
Soude, chlorure de sodium, eau, etc.	1,20	2,00	2,45	1,34
	100,00	100,00	100,00	100,00

M. Marchand a trouvé dans le fémur d'un cerf 2,08 p. 100

fluorure de calcium; MM. Pressier et Girardin en ont trouvé 2,64 dans la défense d'un éléphant fossile.

Je passe sous silence d'autres analyses où les auteurs ont englobé dans un même chiffre le fluorure de calcium, les sels alcalins, le fer, etc.

Néanmoins, parmi ces dernières, il en est une que je vais rapporter, parce qu'elle prouve que le fluorure de calcium tend à disparaître dans le rachitisme.

ANALYSE DE DIVERS OS D'UN ENFANT RACHITIQUE,

PAR M. MARCHAND.

Principes constituants.	Vertèbres.	Radius.	Fémur.	Sternum.
Cartilages	75,22	71,26	72,20	61,20
Graisse	6,12	7,50	7,20	9,34
Phosphate de chaux	12,56	15,11	14,78	21,35
Phosphate de magnésie	0,92	0,78	0,80	0,72
Carbonate de chaux	3,20	3,15	3,00	3,70
Sulfate de chaux, Sulfate de soude	0,98	1,00	1,02	1,68
Fluorure de calcium, chlorure de sodium, fer, perte.	1,00	1,20	1,00	2,01
	100,00	100,00	100,00	100,00

J'ai commencé des analyses d'os d'homme et de divers animaux; les résultats de mes recherches seront publiés dans le *Journal d'anatomie et de physiologie* de M. Robin.

ÉTUDE PARTICULIÈRE DES FLUORURES

Ce sujet est entièrement neuf, car le fluor, déjà si négligé des chimistes, a été complétement oublié par les physiologistes, qui n'ont bien étudié que le chlore, le brome et surtout l'iode. Pour ma part, je ne me suis attaché qu'aux fluorures les plus importants; du reste, plusieurs composés du fluor sont encore à découvrir, et ceux que l'on connaît sont peu solubles en général, à l'exception des fluorures alcalins et du fluorure d'argent.

Voici l'ordre que j'ai suivi dans cette étude :

1° Acide fluorhydrique ou fluorure d'hydrogène.

2° Fluorures métalliques.

1er *groupe.* — Fluorures alcalins.
2e *groupe.* — Fluorures alcalino-terreux.
3e *groupe.* — Fluorures métalliques divers.

1° *Acide fluorhydrique* (HFl).

L'acide fluorhydrique, découvert par Scheele, qui l'appela *acide fluorique*, a été étudié plus tard, en 1810, par Gay-Lussac et Thenard. Il est vrai que Schwankhardt, de Nuremberg, savait déjà, en 1670, qu'on pouvait graver sur verre avec du spath fluor et de l'huile de vitriol (acide sulfurique), mais la raison de ce fait était inconnue.

Cet acide, aussi concentré que possible, se présente sous l'aspect d'un liquide incolore, non congelable, bouillant à 20 degrés, et qu'on obtient par la condensation des vapeurs dégagées en chauffant, dans une cornue de plomb, un mélange de fluorure de calcium et d'acide sulfurique concentré. L'acide ordinaire renferme de l'eau, dans les mêmes proportions que l'acide chlorhydrique; il a pour formule $HFl,4H^2O$, et distille intégralement à 120 degrés; sa densité est 1,15.

Propriétés. — L'acide fluorhydrique, même étendu, est un des liquides les plus corrosifs que l'on connaisse. Il attaque le verre; aussi faut-il le conserver dans des vases de plomb, de platine, d'argent ou de gutta-percha. C'est sans doute à cet acide qu'il faut rapporter le récit que fait l'histoire ancienne, d'un liquide qui détruisait tous les vases, excepté ceux de corne de cheval. La présence de l'acide fluorhydrique dans certaines eaux minérales est en effet parfaitement possible. Il suffit pour cela que de l'acide sulfurique libre, comme il s'en trouve dans le Rio Vinagre, en Amérique, rencontre du spath fluor à une température un peu élevée. D'un autre côté, on sait que la vapeur d'eau surchauffée peut décomposer le fluorure de calcium, et M. Sainte-Claire Deville (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLIII, 1856) a fait voir que l'acide chlorhydrique gazeux, rencontrant le spath fluor à une haute température, le décompose en donnant naissance à de l'acide fluorhydrique.

Telle est mon opinion au sujet de ce liquide célèbre dans l'antiquité. Je me suis assuré d'ailleurs que l'acide fluorhydrique n'exerce, pour ainsi dire, aucune action sur les tissus épidermiques condensés, tels que les ongles, les cornes, etc.

Effets de l'acide fluorhydrique sur l'homme et sur les animaux. — Ce corps est si dangereux, qu'on ne saurait trop user de précautions en le maniant, surtout lorsqu'il est concentré. Je tiens de M. Rousseau, fabricant de produits chimiques à Paris, l'observation suivante. L'un de ses contre-maîtres portait un vase rempli d'acide fluorhydrique, dont une petite quantité coula sur un de ses doigts. Il éprouva aussitôt une forte douleur que ne purent calmer des lotions avec la potasse, la soude ou l'ammoniaque. Cette douleur, comparable à celle que produit la brûlure la plus vive, persista avec la même intensité pendant trois jours, et détermina une fièvre aiguë avec insomnie. Il se produisit une ulcération profonde qui mit près d'un mois à se cicatriser, et laissa une dépression à la place qu'elle occupait. M. Rousseau m'a raconté également qu'un chat ayant renversé un vase renfermant de l'acide fluorhydrique, une certaine quantité de ce liquide avait atteint cet animal à la cuisse; il s'ensuivit une ulcération qui s'étendit en largeur et en profondeur, et ne guérit que péniblement à la longue. Le liquide en question était l'acide ordinaire, celui qui a pour formule $HFl,4H^2O$.

1re *Expérience.* — J'ai versé trois gouttes d'acide fluorhydrique sur le derme non dénudé d'un chien, et une goutte sur le derme dénudé d'une chienne.

Ils éprouvèrent de la fièvre, leur museau devint brûlant, mais les suites de la cautérisation ne furent pas les mêmes pour tous les deux. Chez le chien, l'acide s'étant étalé en surface, j'essuyai la peau presque aussitôt, et il ne se forma qu'une légère induration, puis une eschare sèche qui tomba au bout de huit jours. Chez la chienne, au contraire, la goutte d'acide que j'avais portée, à l'aide d'une baguette de plomb,

sur la partie dénudée, produisit une ulcération un peu plus large qu'une pièce de cinquante centimes, et qui mit près de trois semaines à se cicatriser. Le pourtour de cette ulcération était induré, et au centre il se forma, à plusieurs reprises, une eschare molle qui tombait ensuite. Elle était séparée des parties indurées par une rainure circulaire, au fond de laquelle se trouvait un pus verdâtre. J'ai examiné ce pus au microscope, je n'y ai rien trouvé de particulier ; il y avait des leucocytes en abondance, comme dans les plaies ordinaires, et quelques débris de fibres élastiques et musculaires. J'aurai plus tard à revenir sur ce sujet, lorsque je traiterai de la cautérisation par le fluorure d'argent.

Usages thérapeutiques. — Je n'ai trouvé jusqu'ici qu'une seule observation sur l'emploi de l'acide fluorhydrique comme agent thérapeutique. Le professeur Simpson (*Edinb. journ.*, Aug. 1857) l'a employé contre un névrome profond siégeant au pouce ; la douleur aurait été moindre qu'à la suite de l'application d'autres remèdes demeurés inefficaces, et la guérison de la tumeur s'en serait suivie.

FLUORURES MÉTALLIQUES.

1er GROUPE. — FLUORURES ALCALINS.

1° *Fluorure de sodium* (NaFl).

Ce sel est blanc et cristallise en cubes anhydres. Sa réaction est alcaline. Il possède une saveur faiblement salée, ce qui tient probablement à son peu de solubilité. L'eau, en effet, n'en dissout environ que la vingt-cinquième partie de son poids ; de plus, il partage avec le sel marin la propriété de

n'être guère plus soluble à chaud qu'à froid. Contrairement à ce que disent les auteurs, je n'ai pas remarqué que sa dissolution, à moins qu'elle ne fût acide, attaquât le verre d'une manière sensible. Il peut se combiner avec l'acide fluorhydrique, pour former un fluorure double de sodium et d'hydrogène $NaHFl^2$, qui cristallise en rhomboèdres.

J'ai reconnu que le fluorure de sodium ne coagule ni l'albumine du blanc d'œuf, ni celle du sérum, et qu'il conserve bien les globules sanguins.

2e *Expérience.* — J'avais préparé, pour l'administrer à un chien, une solution de 6 centigrammes de fluorure de sodium dans 10 grammes d'eau distillée. Un chat du laboratoire, l'ayant trouvée à sa portée, la but tout entière.

Bientôt il éprouva du malaise, s'accroupit; un quart d'heure après l'absorption du sel, il eut un premier vomissement de matières blanches filantes et spumeuses, suivi de six ou sept autres dans l'espace de vingt-cinq minutes. Après ce temps tout rentra dans l'ordre. Il avait pris le fluorure de sodium à deux heures; il se portait très-bien à cinq heures, lorsque je quittai le laboratoire.

3e *Expérience.* — J'administrai à un chien de taille moyenne une solution de 50 centigrammes de fluorure de sodium dans 15 grammes d'eau distillée. Il avait mangé quelques aliments une demi-heure auparavant. Dix minutes après l'ingestion du sel, il éprouva un seul vomissement de matières blanches spumeuses, au milieu desquelles se trouvaient les quelques aliments qu'il avait pris. Ce vomissement arriva sans que l'animal parût souffrir, et sa santé continua d'être excellente.

4e *Expérience.* — Une chienne de taille moyenne et à jeun, ayant avalé une dose égale à la précédente, rendit au bout de cinq minutes des matières jaunes spumeuses; elle éprouva ensuite quelques nausées, puis elle se remit complétement. On voit que chez elle le malaise fut un peu plus considérable que chez le chien, qui avait mangé avant l'expérience.

Les chiens et les chats rendant facilement et à volonté, pour ainsi dire, ce qui gêne leur estomac, j'ai dû faire des expériences semblables sur des animaux qui ne vomissent pas, les lapins, par exemple.

5e *Expérience.* — Je fais avaler à un lapin, à quatre heures vingt-cinq minutes, une solution concentrée de 25 centigrammes de fluorure de sodium dans 6 grammes 50 d'eau distillée. A quatre heures trente-cinq minutes, il éprouve du malaise et cherche à peine à fuir, lorsqu'on s'approche de lui pour le saisir. Dix minutes après, il paraît souffrir davantage et éprouve un commencement de salivation. A cinq heures un quart, il a 150 respirations par minute, ses oreilles sont chaudes; *la salive coule abondamment;* puis ces symptômes disparaissent assez rapidement, de sorte qu'à six heures il paraît presque complétement rétabli. Le lendemain et les jours suivants, je ne constate pas la moindre altération dans sa santé.

6e *Expérience.* — Dans l'expérience précédente, j'avais fait avaler le sel en versant la solution dans la bouche maintenue ouverte; cette fois j'introduisis directement, à l'aide d'une sonde, dans l'estomac d'un autre lapin, une solution de 50 centigrammes de fluorure de sodium dans 25 grammes

l'eau. Grand fut mon étonnement en observant des symptômes dont l'intensité était moindre que précédemment, bien que la dose eût été doublée. Ainsi, je ne remarquai pas trace de salivation; l'animal parut éprouver moins de malaise que le premier; sa respiration n'avait pas augmenté de fréquence, et ses oreilles, chaudes quelques minutes après l'ingestion du sel, redevinrent fraîches comme à l'état normal. L'expérience avait été faite à trois heures un quart, à cinq heures il mangea avec appétit des feuilles de choux, et le lendemain il se portait très-bien. — J'eus soin d'observer la pupille avant et après l'absorption du sel; je remarquai une dilatation double de ce qu'elle était auparavant, et cette dilatation persista le reste de la journée.

Cette expérience semblait annuler la précédente. Toutefois, en réfléchissant aux conditions dans lesquelles j'avais opéré, je pensai qu'une plus ou moins grande partie du sel avait pu pénétrer dans la trachée, et de là dans le torrent sanguin par les poumons. Le sel, introduit rapidement dans l'économie, pouvait bien ne pas s'éliminer assez vite par les reins et avoir choisi une voie nouvelle, celle des glandes salivaires, par lesquelles les iodures s'éliminent également. Je crus donc qu'en introduisant du fluorure de sodium directement dans la trachée ou dans les veines, j'arriverais à résoudre la difficulté.

7e *Expérience.* — 25 centigrammes de fluorure de sodium dissous dans $12^{gr},5$ d'eau furent injectés dans la trachée d'un lapin, avec lenteur et intermittence, afin de ne pas exposer l'animal à la suffocation. Aussitôt après l'injection, je constatai un ralentissement de la circulation et de la respiration. Un quart d'heure plus tard, le cœur ne battait

guère que 60 à 70 fois par minute; cependant le lapin paraissait encore vif, il fuyait à mon approche; mais une demi-heure après l'absorption du sel, les battements cardiaques devinrent excessivements lents, ainsi que les mouvements respiratoires, et l'animal mourut presque subitement après quelques convulsions. Ce n'est que quelques moments avant la mort que je remarquai un commencement de salivation.

Je l'ouvris quelques instants après. Les poumons me parurent normaux ainsi que les autres organes; le cœur gauche était vide; le cœur droit, l'oreillette surtout, renfermait du sang couleur rouge brique non coagulé.

8e *Expérience.* — Dans le but de faire une injection dans les veines, je me procurai un chien de forte taille, jeune et vigoureux; mais auparavant je voulus essayer encore une fois l'absorption du fluorure de sodium par le tube digestif. Je fis avaler à cet animal, à jeun, 25 centigrammes de ce sel dissous dans 15 grammes d'eau. Une heure après l'ingestion, ayant trouvé par hasard de la soupe dans le laboratoire, il la mangea avec avidité. Je n'observai aucun symptôme morbide.

9e *Expérience.* — *Injection de 1 gramme de fluorure de sodium dans les veines.* — Deux jours après, ce même chien fut soumis à l'épreuve décisive que je me proposais :

A trois heures, injection de 1 gramme de fluorure dissous dans 40 grammes d'eau. Pendant les dix premières minutes qui suivent l'opération, il paraît peu souffrir; mais il perd peu à peu sa vivacité habituelle et éprouve bientôt une légère agitation, puis il cherche le repos et se blottit dans un coin du laboratoire; à trois heures vingt minutes, il s'agite, se plaint,

son museau est brûlant, il a 130 pulsations, sa respiration est accélérée ; à trois heures et demie, *j'observe un commencement de salivation*, il a 80 respirations par minute. A partir de ce moment, les symptômes, qui commençaient à devenir inquiétants, diminuent peu à peu; seulement la salivation est abondante et dure trois quarts d'heure, mais la fièvre décroît, il n'a bientôt plus que 60 et 40 respirations par minute; il cesse de se plaindre et agite sa patte blessée en me regardant d'un air de souffrance. A quatre heures un quart, il se relève un peu sur ses pattes antérieures et devient sensible aux caresses; enfin, à six heures, lorsque je quitte le laboratoire, il se promène et semble presque complétement rétabli. Le lendemain il était bien portant, et il mangea avec avidité.

Les deux expériences précédentes sont les seules que j'aie faites sur ce chien. L'ayant ensuite donné à un de mes amis, j'ai eu occasion de le revoir quelques mois plus tard; sa santé avait toujours été parfaite.

10[e] *Expérience.* — D'après ce qui précède, on voit que les fluorures, à l'exception du fluorure d'hydrogène ou acide fluorhydrique, sont loin d'être aussi terribles qu'on se le serait imaginé. Le 10 décembre 1866, je pris, à quatre heures du soir, 25 centigrammes de fluorure de sodium, dissous dans 25 grammes d'eau. Saveur légèrement salée, non désagréable. Les phénomènes que j'ai éprouvés sont les suivants : nausées légères, salivation et anxiété épigastrique à peine sensible. Les nausées ont disparu presque complétement à cinq heures; la salivation a été surtout intense à quatre heures et demie, et a disparu une heure et demie après l'absorption du sel. La salive que j'avais recueillie a été perdue; du reste, pour une quantité si faible de sel, j'aurais eu de la

difficulté à doser le fluor, car cette opération n'est pas aussi facile que le dosage de ses analogues, de l'iode par exemple. Je ferai remarquer que pendant tout le temps qu'a duré la salivation, j'ai senti sur les bords de la langue la saveur du fluorure de sodium, bien que je prisse le soin de me rincer la bouche, de temps en temps, avec de l'eau distillée. Enfin, à six heures, je dînai avec peu d'appétit; j'éprouvais comme une sensation de plénitude dans l'estomac, et un reste de légère anxiété épigastrique qui disparut peu à peu.

Je crois ne pas devoir passer sous silence un épiphénomène qui se rattache peut-être à l'absorption du sel. Dès le soir du même jour, je commençai à éprouver un prurit incommode, qui persista, pendant une semaine, avec intermittence le jour et redoublement le soir. Il siégeait sur le tronc, sur les membres et surtout aux pieds, aux mains et aux doigts; il ne s'étendait ni à la tête, ni au cou.

Néanmoins je n'ai jamais rien remarqué qui indiquât la présence de quelque chose de semblable chez les animaux que j'ai soumis à mes expériences sur les fluorures.

11e *Expérience.* — M. Maumené, après avoir nourri un chien pendant cinq mois avec du fluorure de potassium, crut pouvoir attribuer la production du goître à l'action des fluorures. C'est après avoir eu connaissance d'une communication faite par lui à l'Académie des sciences, que je résolus d'expérimenter à mon tour sur le fluorure de sodium, pendant un temps prolongé. Lors de mes premières expériences commencées en janvier 1866, je n'avais pas connaissance du fait de M. Maumené; sa communication sera d'ailleurs citée et discutée à l'article *Fluorure de potassium.*

Le 7 décembre 1866, je mélangeai avec de la soupe

10 centigrammes de fluorure de sodium, et je la présentai à un chien, qui la mangea sans témoigner aucune répugnance ; moins de dix minutes après, il eut un seul vomissement.

Le 8, même essai, même résultat.

Le 9, je mêlai à la soupe seulement 25 centigrammes de sel. Dix minutes après, trois vomissements; le dernier renfermait des matières filantes jaunâtres.

Les jours suivants, j'allai en diminuant les doses ; et enfin, le 17 décembre, le chien conserva 6 centigrammes de fluorure que j'avais mêlé à sa soupe.

J'étais sur le point de renoncer à mes essais, vu les faibles doses auxquelles j'étais réduit, lorsque je pensai que l'intolérance était peut-être due à l'action de l'eau qui, en dissolvant le sel, le mettait immédiatement en contact avec les parois de l'estomac. J'imaginai alors de mélanger le sel avec de la viande, et, conformément à mes prévisions, j'observai constamment la tolérance, tout en augmentant chaque jour les doses jusqu'à un maximum de 50 centigrammes. Du 6 au 13 janvier, il prit chaque jour 50 centigrammes de fluorure. Il ne rendit jamais ses aliments que lorsque, malgré ma surveillance, il buvait, peu de temps après l'absorption du mélange. Pendant tout ce temps sa santé se conserva : il semblait pourtant légèrement fatigué; mais si je le laissais seulement un jour sans traitement, il était le lendemain dans un état des plus satisfaisants. Je me proposais de poursuivre cette expérience, lorsque le 14 janvier, au matin, mon chien disparut. Il avait pris et conservé en tout environ 7 grammes de fluorure de sodium.

12ᵉ *Expérience.* — Le même jour, un de mes collègues du laboratoire m'offrit une chienne pour remplacer l'animal que

j'avais perdu. Je la mis aussitôt en expérience en lui donnant du fluorure de sodium mélangé avec de la viande, quelquefois avec du pain. Elle en prit le premier jour 25 centigrammes, puis 30, 40 et bientôt 50 centigrammes. Ces doses, un peu fortes pour sa taille qui était au-dessous de la moyenne, paraissaient l'incommoder, mais, si je la laissais un jour en repos, elle reprenait bientôt sa gaieté habituelle. Plus tard elle se défia des aliments que je lui présentais; elle avait appris à les regarder comme suspects, et il me fallut user d'artifices. Enfin, jusqu'au 20 février, j'avais réussi à lui faire absorber environ 12 grammes de fluorure de sodium.

Je ne fus pas plus heureux dans cet essai que dans le précédent, car cette chienne me fut dérobée. Je me vois donc obligé de recommencer une troisième fois la même expérience.

Pendant que la même chienne était soumise au régime que je viens d'indiquer, une incision lui fut pratiquée dans la région cervicale ; en même temps une incision tout à fait semblable fut faite sur une autre chienne qui n'avait pas pris de fluorures. La cicatrisation se fit de part et d'autre d'une manière identique. De plus, chez la première chienne, l'extraction d'un cristallin ne fut suivie d'aucun phénomène particulier. Les fluorures introduits dans l'organisme ne retardent donc pas la cicatrisation des plaies ; ce fait est intéressant à noter, vu la lenteur de la guérison des ulcérations produites par l'acide fluorhydrique.

2° *Fluorure de potassium* (KFl).

Le fluorure de potassium est un sel blanc, indécomposable par la chaleur, déliquescent, à réaction alcaline et cristalli-

ment en cubes. Sa solution n'attaque pas le verre, à moins qu'elle ne soit acide. Il peut, comme le fluorure de sodium, se combiner avec l'acide fluorhydrique et donner naissance à un fluorure double de potassium et d'hydrogène $KHFl^2$.

J'ai reconnu que le fluorure de potassium ne coagule ni l'albumine du sang, ni celle du blanc d'œuf; il ne dissout pas non plus l'albumine coagulée, même lorsqu'on élève la température. J'ai remarqué également qu'il ne précipite pas la caséine du lait.

Dans mes expériences sur le fluorure de potassium, j'ai suivi à peu près le même ordre que dans mes expériences sur le fluorure de sodium. Un fait important m'a frappé, c'est que les effets du premier sel sont plus énergiques que ceux du second. J'aurai à revenir sur ce sujet dans la deuxième partie de mon travail.

14e *Expérience.* — Je fais avaler à une chienne, à jeun, 50 centigrammes de fluorure de potassium dissous dans 10 grammes d'eau. Cinq minutes après, vomissement de matières blanches, filantes et spumeuses, comme celles que j'avais observées dans mes expériences sur le fluorure de sodium; mais les vomissements continuent et les matières rendues deviennent jaunâtres, puis tout à fait jaunes; elles renferment de la bile. L'animal est fatigué, il cherche le repos et l'obscurité. Néanmoins, une heure et demie après l'ingestion du sel, il prend avec plaisir du pain et du lait. Sa santé s'est conservée.

15e *Expérience.* — Un chien à jeun prend, de lui-même, 80 centigrammes de fluorure de potassium dissous dans de l'eau sucrée. Moins de cinq minutes après, il rend des ma-

tières semblables aux précédentes, mais les nausées et les vomissements sont plus fréquents que chez la chienne ; ils se succèdent pendant plus d'un quart d'heure, toutes les trois ou quatre minutes. Il a une selle demi-fluide une demi-heure après l'absorption du fluorure.

Cette dernière circonstance me fit penser que le fluorure de potassium, introduit directement dans l'intestin, produirait des effets laxatifs. Pour vérifier ma conjoncture, je fis l'épreuve suivante.

16e *Expérience.* — 1 gramme 50 centigrammes de fluorure de potassium, dissous dans 30 grammes d'eau, sont injectés dans le rectum d'un chien. Presque aussitôt après, il rend cette injection, ainsi que des matières glaireuses assez abondantes. La santé n'est troublée aucunement ; le lendemain les fèces offrent un aspect normal.

17e *Expérience.* — Je fais avaler à une grenouille 5 centigrammes de fluorure de potassium. Ses mouvements, rapides d'abord, deviennent moins vifs, et un quart d'heure après l'absorption du sel, l'animal est presque complétement immobile. Néanmoins elle s'agite parfois. Je lui pique et lui pince les pattes, elle paraît insensible ; je les touche avec une goutte d'acide sulfurique, même insensibilité. Enfin la grenouille éprouve bientôt des accidents tétaniques, elle a de l'opisthotonos, et meurt vingt-cinq minutes après que je lui avais fait avaler ce sel. Je l'ouvre aussitôt : les oreillettes se contractent encore légèrement, le ventricule est presque vide de sang. Les globules, examinés au microscope, sont normaux. Les poumons sont rouges, congestionnés.

Il pouvait se faire que dans cette expérience une partie du

l eût pénétré dans les poumons. Je fis alors les essais sui-
ants.

18e *Expérience.* — Je prends deux grenouilles : chez
une, j'introduis 5 centigrammes de fluorure de potassium
ous la peau de l'abdomen; chez l'autre, sous la peau des
uisses. Les grenouilles respirent bien pendant huit à dix mi-
utes; leurs mouvements sont violents parfois, mais bientôt
observe exactement les mêmes symptômes que ceux décrits
récédemment, et la mort arrive aussi vingt-cinq minutes
près l'opération. Les poumons étaient encore conges-
onnés.

19e *Expérience.* — Le même lapin à qui j'avais donné
0 centigrammes de fluorure de sodium (6e *expérience*),
eçut 50 centigrammes de fluorure de potassium, dissous
ans 25 grammes d'eau distillée. Il courut quelque temps
ans le laboratoire, comme s'il n'avait rien ressenti, mais
ientôt il parut souffrir. Néanmoins, deux heures après l'in-
estion du sel, il se remit complétement et mangea un peu
e chou. Le lendemain, sa santé était parfaite. Ses urines,
ecueillies depuis la veille, à trois heures de l'après-midi, jus-
u'au lendemain à huit heures du matin, furent soumises à
analyse chimique. Je n'y trouvai ni sucre, ni albumine. Les
yant alors évaporées jusqu'à siccité, je traitai le résidu
ar l'acide sulfurique concentré, et j'obtins un dégagement
bondant de vapeurs blanches, suffocantes comme les vapeurs
'acide fluorhydrique, et attaquant le verre. J'avais la preuve
ue la plus grande partie du fluorure de potassium avait passé
ans les urines du lapin.

J'étais désireux de connaître à quelle dose le fluorure de

potassium produirait des effets toxiques chez cette espèce d'animal. C'est dans ce but que j'ai fait l'épreuve suivante.

20[e] *Expérience.* — J'ai fait avaler à un autre lapin 1 gramme de fluorure de potassium dissous dans 25 grammes d'eau. Moins de dix minutes après, ses oreilles sont devenues chaudes; la respiration s'est accélérée considérablement; j'ai compté près de 130 mouvements respiratoires par minute, cependant les battements cardiaques ne m'ont point paru plus fréquents qu'à l'état normal. La pupille ne s'est point ou peu dilatée. L'animal paraissait souffrant; il s'était retiré dans un coin et se laissait approcher. Tout à coup, trente-cinq minutes environ après l'absorption du sel, il quitte son coin, court dans le laboratoire, puis tombe sur le côté et meurt après avoir eu quelques convulsions.

L'autopsie fut faite immédiatement. Le cœur battait encore; l'ayant ouvert après la cessation de ses mouvements, je vis que la partie gauche était vide et que la partie droite renfermait un peu de sang non coagulé. Les poumons, le foie, la rate, les reins, le cerveau étaient à l'état normal. La vessie était presque vide; j'en retirai 2 centimètres cubes d'urine dans laquelle je constatai la présence du fluor.

Cette mort rapide devait être attribuée à l'action exercée par le sel sur le système nerveux; je trouve la preuve de cette explication dans les convulsions qui l'ont précédée.

J'ai pensé également qu'il pouvait s'être formé du fluorure de calcium avec les sels de ce métal répandus dans l'organisme.

Dans ce but, un de mes collègues du laboratoire, M. Legros et moi, nous avons examiné la pulpe cérébrale, et y avons trouvé quelques corpuscules présentant une forme cubique

it résistant à l'action de la potasse et des acides ordinaires. C'étaient probablement des cristaux de fluorure de calcium.

21e *Expérience*. — 25 centigrammes de fluorure de potassium dissous dans 10 grammes d'eau furent injectés, chez un chien, dans les veines d'une patte. Aussitôt après l'injection l'animal s'est agité, il a aboyé, mais à peine était-il détaché que ses cornées se sont ternies et qu'il est mort. Le sang, examiné une demi-heure après, était rouge-brique, ou mieux couleur lie de vin ; les globules étaient racornis et dentelés sur les bords. Je n'ai rien remarqué de particulier dans les divers organes.

Des fluorures considérés comme cause du goître. — Expérience de M. Maumené. — On a vu, à l'article *fluorure de sodium*, que j'avais commencé deux expériences, dans le but de vérifier l'opinion de M. Maumené, sur la cause du goître. J'avais expérimenté sur le fluorure de sodium, et non sur le fluorure de potassium, parce que le sel de sodium agit moins par son métal et davantage par le fluor.

Je dois déclarer qu'ayant examiné mes chiens plusieurs fois, pendant un mois et demi, je n'ai pu constater la moindre hypertrophie du corps thyroïde. Mais M. Maumené avait nourri une chienne pendant un temps beaucoup plus long, et par conséquent mes expériences ne peuvent prouver qu'une chose, savoir : que les fluorures ne produisent pas immédiatement le développement du goître.

Voici la communication que M. Maumené a adressée à l'Académie des sciences (*Comptes rendus*, 19 février 1866) :

« Je crois, dit l'auteur, que les fluorures sont les agents du développement goîtreux, et pour m'en assurer j'ai soumis

une chienne au régime du fluorure de potassium pendant cinq mois ; vers le cinquième, on vit apparaître un gonflement général du cou, très-saillant, plus en avant qu'en arrière, et si cette expérience n'a pas donné de résultat décisif, c'est que je n'ai pu éviter de laisser échapper la chienne, et que j'ai dû attendre trois ans pour la ressaisir et la soumettre à l'examen d'un anatomiste. Le gonflement existait encore ; mais M. Gaillet, professeur à l'École secondaire de Reims, n'a pas trouvé les caractères précis nécessaires pour nous former une conviction.

» Les fluorures sont très-répandus dans les pays à goître : l'année dernière je les ai rencontrés dans les Pyrénées sur beaucoup de points. Si M. Saint-Lager trouve les pyrites partout, leur présence n'exclut pas celle des fluorures, et je crois pouvoir persister entièrement dans des vues que j'ai le premier soumises à l'épreuve expérimentale. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 12 février 1866.)

M. Saint-Lager avait également fait connaître une expérience tendant à prouver que le crétinisme et le goître endémique coïncident avec les terrains métallifères. La pyrite de fer, dit-il, vient au premier rang dans l'ordre de fréquence, c'est le seul élément constant dans les pays à goître. En second lieu vient la pyrite de cuivre, puis la galène argentifère ou antimoniale, la blende, la stibine, la barytine, etc. Et pour vérifier son opinion il avait administré à un rat un mélange de sulfate ferrique et de pyrite de fer, à la dose de 5 centigrammes par jour. Sous l'influence de cette médication continuée pendant plus de deux mois, il vit apparaître une tumeur à la place où se manifeste le goître chez l'homme, et plusieurs médecins, auxquels il a fait voir l'animal, l'ont considéré comme décidément goîtreux.

De ces deux opinions, quelle est la vraie? Le rat de M. Saint-Lager n'a pas été sacrifié, et la nature de la tumeur que portait la chienne de M. Maumené est restée indéterminée. L'examen microscopique eût résolu facilement la difficulté. Si l'une de ces opinions, parmi tant d'autres, devait être vraie, je me rattacherais à celle de M. Maumené. En effet, d'après ce que j'ai dit précédemment, le fluorure de calcium se rencontre surtout, comme le goître, dans les pays montagneux formés de roches anciennes. On le trouve dans les étages des gneiss, des micachistes, des talcschistes, dans le terrain silurien, où il accompagne habituellement la galène et la blende. Il faudrait donc pour résoudre la question avoir une connaissance approfondie de l'état géologique des pays où le goître est fréquent, et posséder des analyses sur la richesse en fluorures des eaux de ces mêmes localités. M. Nicklès a trouvé que l'eau de Seine prise à Paris ne renferme presque pas de fluorures; or, en consultant le recensement des goîtreux, fait en 1851, par ordre du ministère de la guerre, on trouve que les départements renfermés dans le bassin de la Seine possèdent peu de goîtreux; par exemple dans la Côte-d'Or et dans l'Aube, il y en a 55 sur 100 000 habitants; dans la Marne, 70; dans Seine-et-Oise, 46; dans Seine-et-Marne, 37; dans la Seine-Inférieure, 33, et dans la Seine, 7 seulement. On observe l'inverse dans les départements qui renferment des roches anciennes.

Ainsi dans le Bas-Rhin, il y a 164 goîtreux pour 100 000 habitants; dans le Haut-Rhin, 288 et dans les Vosges le nombre s'élève à 410. On sait que les Vosges s'étendent dans le Haut-Rhin; j'ai de mon côté rencontré souvent du gneiss à une lieue et demie de Colmar; c'est ainsi que s'expliquerait le chiffre élevé des goîtreux qui se trouvent dans ce départe-

ment. Enfin je rappellerai que les eaux de Contrexéville et de Plombières sont riches en fluorures, et que les départements qui possèdent le plus de goîtreux sont l'Ariége et les Hautes-Alpes : le premier en présente 734, et le second 951, sur 100 000 habitants.

3° *Fluorure d'ammonium* (AzH^4Fl).

On obtient ce corps en neutralisant l'acide fluorhydrique par l'ammoniaque, ou en chauffant un mélange de chlorure d'ammonium et de fluorure de sodium. Il cristallise en primes incolores, très-solubles dans l'eau, ayant une saveur salée et piquante, et entrant en fusion avant de se sublimer. Il répand à l'air une odeur ammoniacale, il en est de même de sa dissolution qui perd de l'ammoniaque et laisse déposer des cristaux formés probablement par un fluorure double d'ammonium et d'hydrogène (AzH^4) HFl^2, sel analogue à $KHFl^2$ et à $NaHFl^2$.

Les globules sanguins traités par le fluorure d'ammonium deviennent crénelés et ne se dissolvent ensuite que très-difficilement dans l'acide acétique.

22° *Expérience.* — Je fis avaler à une chienne 25 centigrammes de fluorure d'ammonium dissous dans 10 grammes d'eau distillée. Quatre ou cinq minutes après, elle éprouva des vomissements accompagnés d'efforts assez violents; de plus elle eut deux ou trois selles formées de matières liquides jaunâtres. Je ferai remarquer que, dans l'une des expériences précédentes, un chien ayant pris 80 centigrammes de fluorure de potassium eut aussi, malgré les vomissements, une

selle demi-fluide. Le fluorure d'ammonium paraît donc plus actif que les fluorures de potassium et de sodium.

Vingt-cinq minutes après l'absorption du sel, la chienne laissa échapper une bave jaunâtre, puis blanchâtre et blanche à la fin ; il s'en écoula ainsi une faible quantité pendant une demi-heure. Je lui présentai alors du lait qu'elle refusa, mais, deux heures plus tard, elle prit du bouillon et de la viande.

On voit que le fluorure d'ammonium produit un écoulement rapide de bile, puisque l'animal a eu des selles jaunâtres, quelques minutes seulement après le début de l'expérience. Les battements cardiaques qui étaient accélérés pendant les vomissements revinrent après à leur rhythme normal.

23e *Expérience.* — 30 grammes d'eau, contenant 1 gramme de fluorure d'ammonium, sont introduits dans le rectum d'une chienne. Moins de deux minutes après, l'animal rend l'injection, puis des glaires mélangées à des matières fécales ; ces glaires, d'abord assez abondantes, diminuent peu à peu. Le lendemain les fèces présentent un aspect à peu près normal. On voit que les choses se sont passées comme chez le chien à qui j'avais administré 1gr,50 de fluorure de potassium.

24e *Expérience.* — Un chien fut soumis à la même épreuve, et les phénomènes observés furent exactement semblables aux précédents. Mais le lendemain je répétai l'expérience; cette fois l'animal témoigna de la douleur, il poussait des cris en expulsant les dernières parties du liquide mêlé à des glaires. Sa santé resta d'ailleurs parfaite.

INJECTION DE FLUORURE D'AMMONIUM DANS LE SANG.

25e *Expérience.* — Un chien de taille moyenne reçoit, dans une veine saphène, 10 centigrammes de fluorure d'ammonium dissous dans 10 grammes d'eau. L'animal ne paraît guère en souffrir; il perd seulement un peu de sa vivacité. Il était presque à jeun au moment de l'opération.

26e *Expérience.* — J'injecte, dans une veine saphène, chez une chienne, environ 20 centigrammes de fluorure d'ammonium dissous dans 20 grammes d'eau. Cette chienne paraît souffrir plus que l'animal précédent; elle est fatiguée, abattue, et va se coucher dans un coin. Je remarque, pendant vingt minutes, quelques mouvements convulsifs du diaphragme.

Deux heures après ces expériences, qui furent faites successivement sur ces deux animaux, je leur présente du bouillon et de la viande; le chien mange avec appétit, la chienne prend un peu de bouillon en restant à moitié couchée, cependant elle finit par se relever complétement, et mange un peu de viande.

Le lendemain, tous deux se portaient très-bien. Je leur ai donné une nourriture substantielle jusqu'au matin du quatrième jour, où je me proposais de les soumettre à d'autres épreuves dans l'après-midi.

27e *Expérience.* — Cette nouvelle expérience est faite sur le chien à deux heures moins un quart. Je me proposais d'injecter dans une veine saphène une solution de 1 gramme de

fluorure d'ammonium dans 20 grammes d'eau. Ayant éprouvé quelque difficulté, la solution est poussée alors dans la trachée. On sait que l'absorption par les poumons produit des effets aussi rapides que l'absorption par les veines.

Aussitôt après qu'il est détaché, ce chien vomit du linge provenant du pansement de la blessure qui lui avait été faite quatre jours auparavant, lors de la première injection. Il paraît souffrir; il bave un peu, et a deux ou trois selles diarrhéiques jaunâtres. Il marche en titubant, s'affaisse, se relève pour retomber de nouveau. Enfin, l'agonie commence un quart d'heure après l'opération; le cœur bat de plus en plus lentement, puis bientôt surviennent des bâillements et la mort qui a lieu à deux heures un quart.

Autopsie. — La trachée est remplie d'écume; les poumons ne sont pas congestionnés, non plus que le foie et la rate, mais les reins le sont assez fortement. La vessie est vide: le chien avait uriné vers deux heures. L'intestin grêle est rempli de mucus jaunâtre, inodore; le rectum est fortement plissé et complétement vide. Les cavités cardiaques contiennent un peu de sang; ce liquide est rouge-brique, les globules examinés au microscope sont dentelés, étoilés; en un mot, la coloration et l'aspect des globules sont les mêmes que ceux qu'on observe lorsqu'on ajoute une goutte de fluorure d'ammonium à du sang placé sur le porte-objet du microscope. Les leucocytes paraissent n'avoir rien éprouvé.

28e *Expérience.* — 40 centigrammes de fluorure d'ammonium dissous dans 15 grammes d'eau sont injectés chez la chienne dans les veines d'une patte antérieure. Après qu'elle est détachée, elle s'affaisse plus rapidement que le chien. Elle

a, deux ou trois minutes après l'injection, une selle liquide jaune et filante ; sa respiration devient fréquente et saccadée ; elle éprouve des convulsions du diaphragme jusque vers ses derniers moments. Enfin la mort arrive, comme dans l'expérience précédente, une demi-heure après l'opération.

Autopsie. — De même que chez le chien, ni les poumons, ni le foie, ni la rate ne sont congestionnés ; les reins le sont au contraire beaucoup. La vessie est vide et revenue sur elle-même, elle n'est pas plus grosse qu'une amande. Le rectum est complétement vide et fortement plissé ; mais l'intestin grêle et les deux premières parties du gros intestin contiennent une matière inodore, glaireuse, un peu jaunâtre, tout à fait semblable, en un mot, à celle que j'avais trouvée chez le chien. Cette matière est recueillie cette fois et donne un poids de 160 grammes. Examinée au microscope, elle présente une quantité prodigieuse de cellules et de noyaux épithéliaux. Ces cellules et ces noyaux provenaient de la muqueuse intestinale desquamée, comme il arrive dans le choléra. Ainsi s'explique ce flux intestinal abondant qui, deux ou trois minutes après l'injection, a produit des selles liquides chez mes deux chiens qui, auparavant, avaient des selles normales.

29ᵉ *Expérience.* — Je fais avaler à une grenouille 5 centigrammes de fluorure d'ammonium. L'animal éprouve exactement les mêmes symptômes que ceux que j'ai observés dans un essai analogue fait avec le fluorure de potassium (voy. la 17ᵉ *Expérience*) ; seulement les globules sanguins ne sont pas tous normaux ; quelques-uns sont déformés sur les bords.

IIe GROUPE. — FLUORURES ALCALINO-TERREUX.

1° *Fluorure de baryum* ($BaFl^2$).

Le fluorure de baryum est un sel blanc, peu soluble dans l'eau, mais soluble dans les acides fluorhydrique, chlorhydrique et azotique. On l'obtient facilement en traitant le carbonate de baryum par l'acide fluorhydrique, ou en précipitant l'azotate par un fluorure alcalin.

Le fait sur lequel j'appelle l'attention, c'est la solubilité du fluorure de baryum dans l'acide chlorhydrique et par conséquent dans le suc gastrique, qui renferme une petite quantité d'acide chlorhydrique libre.

30e *Expérience.* — J'ai fait avaler à un chien à jeun 1 gramme 5 décigrammes de fluorure de baryum, mis en suspension dans 40 grammes d'eau. Cinq minutes après, l'animal vomit des matières filantes spumeuses, blanches, très-peu teintées de jaune, et enfin cinq minutes plus tard il eut une selle verdâtre très-fluide; les vomissements avaient disparu, ils ne sont pas revenus. Deux heures après l'expérience, le chien but du lait avec avidité.

Les chiens rendant avec la plus grande facilité tout ce qui gêne leur estomac, il est probable que la plus grande partie du sel avait été rejetée. Malheureusement je n'avais pas recueilli les matières vomies, et il m'était impossible d'apprécier la quantité de fluorure qui avait été conservée. Je fis alors une nouvelle épreuve sur un lapin; on sait que cet animal ne vomit pas.

31ᵉ *Expérience.* — Je fais pénétrer dans l'estomac d'un lapin, à l'aide d'une sonde œsophagienne, 2 grammes de fluorure de baryum mis en suspension dans 30 grammes d'eau. Bientôt les battements cardiaques et la respiration se ralentissent; l'animal paraît souffrant, mais au lieu de s'accroupir, il étend les pattes postérieures et court parfois avec difficulté dans le laboratoire. Enfin les mouvements des pattes postérieures sont de plus en plus difficiles; le lapin devient paraplégique. Puis tout d'un coup il pousse des cris, il a des convulsions, de l'opisthotonos; la respiration s'arrête à la suite de quelques inspirations profondes, et il meurt vingt-cinq minutes après l'ingestion du sel. En un mot, les symptômes ultimes ont été les mêmes que ceux que j'avais observés une fois dans l'empoisonnement d'un lapin par le cyanure de potassium.

Cette expérience prouve simplement que le baryum est un métal éminemment toxique. En effet, il est impossible d'attribuer la mort du lapin à l'action du fluor, car le fluorure de baryum n'a pu se dissoudre qu'en faible quantité dans l'estomac. Je reviendrai plus tard sur cette expérience, lorsque je parlerai des effets toxiques des sels barytiques.

L'autopsie du lapin fut faite presque aussitôt que toute trace apparente de vie eut disparu. Le cœur battait encore; ses mouvements persistèrent cinq minutes après l'ouverture de la poitrine. Ce fait prouve que le fluorure de baryum n'avait pas agi comme un poison cardiaque, mais que son action s'était portée principalement sur les nerfs moteurs qui animent les muscles des membres postérieurs et les muscles inspirateurs. Les poumons étaient petits et revenus sur eux-mêmes. Je ne pus constater, à la vue simple, aucune lésion dans les divers organes.

2° *Fluorure de strontium* ($SrFl^2$).

Ce corps ressemble au fluorure de baryum, et se prépare de la même manière. Il en diffère en ce qu'il n'est pas soluble dans l'acide fluorhydrique.

32e *Expérience.* — Un lapin est soumis à une expérience en tout point semblable à la précédente, si ce n'est que le fluorure de baryum est remplacé par le fluorure de strontium. L'animal paraît souffrir, il reste accroupi, mais il est calme, sa pupille n'est pas dilatée, sa respiration est seulement moins ample. Il mange un peu de chou deux heures après l'ingestion du sel. Le lendemain il est un peu souffrant, mais il paraît se rétablir les jours suivants; néanmoins il a de la diarrhée.

Ce lapin était moins fort que le précédent, cependant la dose fut parfaitement tolérée. Les propriétés chimiques du fluorure de strontium étant les mêmes que celles du fluorure de baryum, le premier sel a dû se comporter comme celui-ci dans l'estomac, c'est-à-dire se dissoudre en quantité à peu près égale; la différence des effets observés vient de ce que le strontium est beaucoup moins toxique que le baryum.

3° *Fluorure de calcium (Spath fluor)* ($CaFl^2$).

Le fluorure de calcium naturel est un sel présentant des couleurs variées et cristallisant en cubes. Lorsqu'on l'a obtenu par précipitation, il est blanc et amorphe. Ce corps est réputé insoluble dans l'eau, puisqu'il faut 26 000 parties de ce liquide pour en dissoudre 1 partie à 15 degrés (Wilson). Il est soluble dans l'acide fluorhydrique et dans l'acide chlorhydrique concentré; l'eau le précipite de cette dissolution.

33e *Expérience.* — J'ai mêlé à la nourriture d'un chien du fluorure de calcium naturel réduit en poudre fine et du fluorure obtenu par précipitation. Je n'ai rien observé de particulier dans ces deux cas.

Il serait intéressant de chercher si l'eau chargée d'acide carbonique est apte à dissoudre une certaine quantité de ce sel; s'il en était ainsi, on expliquerait plus facilement sa présence dans les végétaux et dans les animaux. Du reste, M. Nicklès a déjà fait remarquer qu'on trouve du fluor dans les eaux renfermant du bicarbonate de calcium.

IIIe GROUPE. — FLUORURES DIVERS.

Parmi les autres fluorures métalliques, je n'ai étudié que ceux de zinc, de plomb et d'argent. Il serait curieux de faire des recherches sur le fluorure d'antimoine, qui, à l'inverse du chlorure, ne se décompose pas dans l'eau. Quant aux fluorures de mercure, le protofluorure, correspondant au calomel, est insoluble; le bifluorure, correspondant au sublimé corrosif, est décomposé par l'eau. Je me propose de faire plus tard des recherches sur tous ces composés métalliques du fluor.

1° *Fluorure de zinc* ($ZnFl^2$).

Le fluorure de zinc est un sel blanc, peu soluble dans l'eau, plus soluble dans l'acide fluorhydrique. On l'obtient facilement en précipitant un sel de zinc par un fluorure alcalin. Celui que j'ai employé dans mes expériences a été préparé d'une manière plus directe : comme le zinc se dissout très-lentement dans l'acide fluorhydrique, j'ai traité le carbonate de zinc par cet acide, et j'ai obtenu un sel qui, lavé à plusieurs

reprises avec de l'eau distillée, pouvait être considéré comme parfaitement pur.

34ᵉ *Expérience.* — Je mêle à la nourriture d'un chien de taille moyenne 50 centigrammes de fluorure de zinc. Je n'observe aucun symptôme morbide, la santé est parfaite.

35ᵉ *Expérience.* — Le lendemain la dose de fluorure est doublée et mélangée comme auparavant avec de la soupe. Le chien en mange suivant son appétit, mais, un quart d'heure après l'ingestion du sel, il rend ses aliments. Je n'observe pas les vomissements jaunâtres et spumeux, comme ceux qu'avaient produits les fluorures d'ammonium et de potassium. D'ailleurs l'animal ne paraît pas souffrir, et sa santé demeure intacte.

On voit, d'après les caractères assignés au fluorure de zinc, que ce corps diffère complétement du chlorure; on voit de plus qu'à la dose de 50 centigrammes, il n'a produit aucun effet morbide, ce qui tient sans doute à son peu de solubilité.

Je me propose de faire avec ce même sel des expériences sur des lapins.

Le fluorure de cadmium n'a pas été essayé; il est analogue au fluorure de zinc par ses propriétés chimiques, si ce n'est qu'il est encore plus soluble que ce dernier dans l'acide fluorhydrique.

2° *Fluorure de plomb* ($PbFl^2$).

Ce corps est blanc comme le fluorure de zinc, amorphe, presque insoluble dans l'eau et dans l'acide fluorhydrique. On l'obtient en précipitant, par l'acide fluorhydrique ou un

fluorure alcalin, un sel de plomb soluble, tel que l'azotate ou l'acétate.

36e et 37e *Expériences.* — Je n'ai fait que répéter celles que j'avais instituées avec le fluorure de zinc. Les résultats ont été identiques avec les précédents.

3° *Fluorure d'argent* (AgFl).

Le fluorure d'argent est très-soluble ; il cristallise en prismes volumineux qui retiennent quatre molécules d'eau, mais il devient anhydre par la simple dessiccation dans le vide, et se présente alors sous la forme d'une poudre jaune, déliquescente. Le sel anhydre est indécomposable par la chaleur ; le sel hydraté se décompose, sous l'influence de cet agent, en donnant de l'acide fluorhydrique, de l'oxygène et un résidu d'argent pur.

La solubilité du fluorure d'argent dans l'eau est le caractère principal qui sert à distinguer ce sel du chlorure.

38e *Expérience.* — Le 13 avril, deux incisions cutanées sont faites chez un chat : l'une a une étendue d'un centimètre et demi, et ne reçoit rien ; l'autre n'a qu'une étendue d'un centimètre, et reçoit une goutte d'une solution de fluorure d'argent.

La première plaie se cicatrise comme les plaies ordinaires, avec formation d'une eschare sèche, qui tombe au bout de dix jours. Il n'en est pas ainsi de la deuxième.

Le fluorure d'argent, appliqué sur la plaie récente, la noircit comme de l'encre de Chine. Cette coloration a disparu le lendemain, et du pus se forme dans l'ulcération qui est en-

tourée d'un cercle induré. Le 15, une eschare molle, noire, en recouvre le centre; une rainure circulaire, remplie d'un pus verdâtre, la sépare de l'induration périphérique. Ce pus renferme une grande quantité de leucocytes. Une nouvelle goutte de fluorure d'argent est versée autour de l'eschare; la plaie blanchit un peu au lieu de noircir comme la première fois. Le lendemain 16, je la trouve agrandie, et humectée d'un liquide séro-purulent. Je recueille une petite quantité de ce liquide sur une lame de verre, et je l'examine au microscope; j'y trouve des leucocytes en grand nombre, et quelques rares fibres élastiques et musculaires. Le 17, une eschare molle et noire recouvre, comme la première, le centre de l'ulcération; elle tient à peine aux bords, et tombe au bout de deux jours. Une troisième lui succède pour tomber de même, et laisser le centre un peu trop humide. Ces eschares n'étaient formées que par la dessiccation du pus à l'air. Enfin la plaie finit par se dessécher, après s'être étendue en envahissant la partie indurée qui l'entourait. La dernière eschare ne tombe qu'au moment où j'écris ces lignes, le 4 mai. Il y a deux jours, je faisais encore sourdre du pus en la pressant avec le doigt.

COMPARAISON DES FLUORURES, DES CHLORURES, DES BROMURES ET DES IODURES.

MM. Bouchardat et Stuart Cooper (*Annuaire de thérapeutique*, 1847), ayant fait des expériences sur les chlorures, les bromures et les iodures, ont été conduits à formuler la loi suivante :

« *L'énergie de l'action physiologique des sels solubles d'un*

même métal, pour des quantités pondérables égales, est en raison inverse du poids de l'équivalent du corps électro-négatif combiné avec ce métal, quand les propriétés physiologiques de ce principe électro-négatif sont latentes dans ces combinaisons, et quand les conditions de solubilité restent les mêmes. »

Voici les expériences sur lesquelles repose la loi de MM. Bouchardat et Stuart Cooper. Les auteurs ont mis des poissons meuniers, du poids de 3 à 4 grammes, dans 1 gramme de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium pour 1000 grammes d'eau. Ces poissons sont morts après dix-sept heures dans le premier sel, après trente-cinq heures dans le second, et seulement le dixième jour dans le troisième. Ayant préparé des solutions renfermant, dans un cas, 2 grammes, dans un autre cas, 5 grammes de ces mêmes sels, ils ont vu mourir les poissons après sept heures, vingt-huit heures et le quatrième jour dans la première solution, et dans l'intervalle de onze à quinze heures dans la deuxième.

Dans une autre expérience, ils ont mis des grenouilles dans des solutions contenant 10 grammes de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium, et ils les ont vues mourir après six, dix, quarante-huit heures.

Enfin, ils ont fait avaler à trois fortes grenouilles, séparément 25 centigrammes de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium; toutes sont mortes en moins d'une demi-heure, en commençant par celle du chlorure.

Les auteurs ont aussi opéré sur des caboches, qui ne sont pas des cyprins comme les meuniers. Ces expériences sont moins nettes, parce que les caboches meurent plus facilement lorsqu'elles sont resserrées dans un espace limité. Néanmoins la loi s'est vérifiée encore, car ces poissons sont morts,

dans des solutions renfermant 1 gramme de ces sels, au bout de douze heures, de quinze heures, de deux jours.

Telles sont les expériences qui établissent une relation entre les effets physiologiques des trois genres de sels précédents : elle peut s'exprimer d'une manière plus simple, en disant que l'*activité de ces sels est d'autant plus énergique que le poids atomique du métalloïde est plus faible.* J'ai voulu, de mon côté, soumettre cette loi à l'épreuve et voir si elle s'appliquerait aux fluorures. Le poids atomique du fluor étant 19, nombre plus faible que celui du chlore, qui est 35,5, les fluorures devaient être plus actifs que les chlorures; c'est ce qui est résulté des expériences suivantes.

39e *Expérience.* — Le 10 janvier dernier, j'ai préparé des solutions, contenant séparément 10 grammes de fluorure, de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium pour 1000 grammes d'eau, et j'ai mis dans chacune d'elles une grenouille pesant 30 à 33 grammes. Celle qui était dans le fluorure est morte au bout de six heures ; celle qui était dans le chlorure a vécu vingt-trois heures ; après l'avoir ouverte, son cœur a battu encore longtemps. Le sang de ces deux grenouilles a été examiné ; il ne formait pas de caillot dans les cavités cardiaques, de plus les globules sanguins étaient intacts. On sait d'ailleurs que les chlorures alcalins conservent bien les globules sanguins; il en est de même des fluorures, des bromures et des iodures, ce que j'ai eu occasion de constater plusieurs fois. Les deux autres grenouilles n'étaient pas encore mortes au bout de soixante-seize heures de séjour dans leurs solutions salines; je doublai alors la dose, en ajoutant séparément à ces solutions 10 grammes de bromure et 10 grammes d'iodure de potassium. Celle qui était dans l'io-

dure était encore très-vive, néanmoins elle ne vécut que deux heures. La dernière, celle du bromure de potassium, était moins vive, pourtant elle vécut plus longtemps que la précédente; j'avais ajouté les 10 grammes de bromure de potassium à quatre heures; elle vivait encore à onze heures du soir, mais le matin elle était morte.

La loi de MM. Bouchardat et Stuart Cooper était vérifiée, puisque le fluorure s'était montré le plus actif; néanmoins mes résultats, quant à la persistance de la vie, surtout chez les deux dernières grenouilles, différaient sensiblement de ceux trouvés par les premiers expérimentateurs. Je pensai que la cause de ce désaccord dépendait de la température extérieure; en effet, on sait que les phénomènes observés sur les animaux à sang froid mis en expérience pendant l'hiver, diffèrent considérablement de ceux qu'on observe en été.

40e *Expérience*. — Le 9 avril, je répétai l'expérience précédente en mettant séparément deux grenouilles mâles dans quatre solutions contenant 10 grammes de fluorure, de chlorure, de bromure et d'iodure de potassium pour 1000 grammes d'eau. Elles sont mortes dans le fluorure après une heure un quart, et dans les autres sels successivement après vingt-cinq, cent quinze et cent trente heures. La température moyenne, pendant tout ce temps, avait été de 10 à 11 degrés environ.

41e *Expérience*. — Le 18 avril, des grenouilles furent mises dans quatre vases contenant des dissolutions semblables de fluorure, de chlorure, de bromure et d'iodure de sodium. Le température moyenne était également de 10 à 11 degrés. Celles qui étaient dans le fluorure sont mortes, l'une au bout

de deux heures, l'autre au bout de deux heures un quart. Celles qui étaient dans le bromure de sodium ont vécu, l'une sept jours, l'autre dix jours; celles de l'iodure sont mortes, l'une au bout de cinq jours, l'autre au bout de onze jours. En prenant les moyennes de ces résultats, je trouve d'un côté deux cent quatre heures, et de l'autre cent quatre-vingt-douze heures. Enfin, lorsque j'écris ces lignes, aujourd'hui 4 mai, deux grenouilles mises dès le 11 avril dans une solution de 10 grammes de chlorure de sodium pour 1000 grammes d'eau, semblent devoir vivre encore longtemps.

42ᵉ *Expérience.* — J'ai expérimenté également sur des salamandres (*Triton cristatus*), mais les résultats auxquels je suis arrivé ne s'accordent pas avec les précédents. Ainsi, ces animaux ayant été mis dans des solutions de bromures et d'iodures de potassium semblables aux précédentes, ont vécu soixante heures et cent quinze heures dans les bromures de potassium et de sodium, tandis que, dans les iodures, elles ont vécu seulement douze heures et quatre-vingt-dix-huit heures.

Contrairement à ce que j'aurais cru voir arriver, mes grenouilles mises en expérience au mois d'avril sont mortes moins vite que celles qui avaient été soumises à la même épreuve le 10 janvier. Il eût été sans doute préférable d'expérimenter sur des poissons; ceux-ci ayant une activité vitale plus énergique et une respiration branchiale, auraient mieux ressenti les effets du milieu dans lequel ils auraient été placés.

Je crois devoir présenter dans un tableau les résultats obtenus par MM. Bouchardat et Stuart Cooper, en opérant sur

des grenouilles, et ceux auxquels je suis arrivé en opérant sur les mêmes animaux et sur des salamandres. Les chiffres indiquent la durée de la vie dans les solutions des divers sels précédents.

Sels.	Grenouilles.	Grenouilles.		Salamandres.
—	—	Janvier.	Avril.	Avril.
Fluorure de potassium.	»	6 heures.	1 h. 1/4.	»
Chlorure de potassium.	6 heures.	23 —	25 heures.	»
Bromure de potassium.	10 —	Plus de 3 jours.	115 —	60 heures.
Iodure de potassium...	48 —	Plus de 3 jours.	130 —	12 —
Fluorure de sodium...	»	»	2 h. 1/4.	»
Chlorure de sodium...	»	»	Plus de 23 jours.	
Bromure de sodium...	»	»	192 heures.	115 —
Iodure de sodium.....	»	»	204 —	98 —
	(MM. Bouchardat et Stuart Cooper.)		(M. Rabuteau.)	

Je me propose de répéter ces expériences en prenant d'abord des quantités de fluorure, de chlorure, de bromure et d'iodure de sodium, telles que toutes renferment un même poids de métal, puis d'autres quantités qui renferment un même poids de métalloïde. Il sera ainsi plus facile de reconnaître l'activité particulière du corps électro-négatif et du corps électro-positif. Je choisis les sels de sodium, parce que les combinaisons de ce métal sont inoffensives, lorsque le principe électro-négatif l'est également.

Enfin un dernier mot encore. Puisque les acides fluorhydrique, chlorhydrique, etc., ne sont eux-mêmes que des fluorures, des chlorures d'hydrogène, ces corps devaient satisfaire à la loi de MM. Bouchardat et Stuart Cooper. C'est ce qui a lieu; en effet, l'ordre d'activité de ces acides est le même que celui des sels qui leur correspondent.

DEUXIÈME PARTIE

MÉTAUX

Depuis longtemps déjà j'avais été frappé de ce fait que les métaux lourds, tels que le plomb, le mercure, sont en général toxiques, tandis que les métaux légers, tels que le sodium, le magnésium, sont pour ainsi dire inoffensifs. Aussi avais-je pensé d'abord qu'il existait une certaine corrélation entre la densité des métaux et leur énergie physiologique. De nombreuses exceptions à cette règle, comme celle qu'offrent le mercure et le platine comparés entre eux, me l'ont fait abandonner, bien qu'elle soit vraie en général, et je me suis rattaché à l'idée des poids atomiques. C'est alors que j'ai trouvé une loi dont le travail suivant sera la démonstration, savoir : *que les métaux sont d'autant plus actifs que leur poids atomique est plus élevé.* Je ne veux point dire par là qu'un métal dont le poids atomique est le double d'un autre, soit deux fois plus toxique que celui-ci, je veux exprimer seulement qu'il l'est davantage. Guidé par cette idée théorique, j'ai interrogé les propriétés de divers métaux, et je suis arrivé à des résultats qui ont prouvé la vérité de la loi que j'avais trouvée.

Le cuivre et le rubidium échappent à cette loi : en effet, le cuivre, dont le poids atomique est faible, est toxique à un haut degré, et le rubidium n'est pas plus actif que le sodium, bien que son poids atomique soit élevé. Mais quelle est la loi qui ne souffre pas d'exceptions?

La tâche que je me suis imposée est immense : elle m'occupe déjà depuis quelques mois, et il me faudra près d'une année pour l'achever. Il s'agit en effet de passer en revue tous les métaux, de vérifier les faits qu'on possède déjà sur leur activité, et d'instituer des expériences entièrement neuves sur un grand nombre d'entre eux, qui n'ont jamais été étudiés par les physiologistes.

Dans mes expériences, j'ai employé de préférence les acétates métalliques. Voici les motifs qui m'ont guidé dans ce choix. D'abord, presque tous les acétates sont solubles; en second lieu, pour une même espèce de sel, le genre exerce une action indépendante du métal, action dont il faut tenir compte. Ainsi j'ai prouvé, dans la première partie de ma thèse, que les fluorures sont plus dangereux que les chlorures, lors même que dans chaque genre de ces sels il entre la même quantité de métal; on commettrait une grossière erreur en confondant le cyanure et le fluorure de sodium. De même un azotate, le nitre par exemple, n'agira pas de la même manière qu'un tartrate, le bitartrate de potassium. Je m'explique ainsi quelques divergences qui ont existé entre les résultats trouvés par M. Lecomte et par moi, en expérimentant chacun sur l'uranium. M. Lecomte a employé l'azotate d'uranium, tandis que j'ai expérimenté sur l'acétate. D'un autre côté, on sait, depuis les belles expériences de M. Wohler, que plusieurs acides organiques, tels que les acides citrique, malique, tartrique, acétique, etc., sont brû-

és dans l'économie en donnant naissance à de l'eau et à de l'anhydride carbonique. Il résulte de ce fait qu'en employant un citrate ou un acétate, etc., on arrive à des résultats comparables, l'influence de l'acide étant éliminée.

DIVISION DES MÉTAUX.

Dans un ouvrage de thérapeutique, il faudrait grouper les métaux suivant les analogies qu'ils offrent dans leurs actions physiologiques et curatives. C'est ce que je ferai plus tard, mais actuellement, dans un travail de pure analyse, je préfère suivre un ordre chimique, et j'espère faire voir que nos classifications naturelles en chimie le sont parfois en thérapeutique.

Les corps simples, aujourd'hui au nombre de 66, sont divisés en métalloïdes et en métaux. Plusieurs chimistes n'admettent que 15 métalloïdes, et par conséquent 51 métaux. Telle n'est pas ma manière de voir; je suis de ceux qui comptent moins 23 métalloïdes, et même davantage. Ainsi, dans mes cours particuliers de chimie, je range l'étain, le titane à côté du silicium, parmi les métalloïdes, et je place l'antimoine, le bismuth, l'uranium à côté de l'arsenic. J'adopte complétement en ceci la classification de M. Naquet, professeur agrégé à la Faculté de médecine (voy. *Principes chimie fondée sur les théories modernes*, par A. Naquet, édition, Paris, 1867).

Néanmoins, dans mon travail qui a trait à la physiologie et à la chimie pure, j'ai dû considérer comme métaux étain, le titane, le bismuth, l'uranium, etc.

Thenard a divisé autrefois les métaux en six sections, d'après leur affinité pour l'oxygène. Cette classification tout artificielle ne suffit plus aujourd'hui et peut être remplacée par la suivante, dans laquelle les métaux sont groupés d'après leur atomicité.

1re Classe. — *Métaux monoatomiques.*

Sodium.	Lithium.
Potassium.	Thallium.
Rubidium.	Argent.
Cæsium.	

2e Classe. — *Métaux biatomiques.*

Baryum.	Erbium.
Strontium.	Therbium.
Calcium.	Zinc.
Magnesium.	Cadmium.
Cerium.	Indium.
Lanthane.	Cuivre.
Didyme.	Mercure.
Yttrium.	

3e Classe. — *Métaux triatomiques.*

Or.	Vanadium.

4e Classe. — *Métaux tétratomiques.*

Glucynium.	Cobalt.
Aluminium.	Nickel.
Zirconium.	Titane.
Thorium.	Étain.
Manganèse.	Palladium.
Fer.	Platine.
Chrome.	Plomb.

5e Classe. — *Métaux pentatomiques.*

Uranium.	Tantale.
Antimoine.	Niobium.
Bismuth.	Osmium.

6e Classe. — *Métaux hexatomiques.*

Molybdène.	Rhodium.
Tungstène.	Ruthenium.
Iridium.	

Enfin, pour clore la liste de ces métaux, il faudrait citer le Pélopium et l'Ilménium, dont l'atomicité et le poids atomique sont inconnus.

Telle est la classification que j'adopterai. Je crois utile de dresser un second tableau dans lequel chaque métal soit suivi de son poids atomique et de sa chaleur spécifique. Ce tableau est important à consulter, puisque la loi que je me propose de démontrer peut s'énoncer encore d'une autre façon, en disant que *les métaux sont d'autant plus actifs que leur chaleur spécifique est plus faible.*

TABLEAU

INDIQUANT LE POIDS ATOMIQUE ET LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DES MÉTAUX.

Métaux.	Poids atomique.	Chaleur spécifique.
Lithium	7	»
Glucynium	14	»
Sodium	23	0,2934
Magnésium	24	»
Aluminium	27,5	0,2181
Potassium	39	0,16956
Calcium	40	»
Titane	50	»
Chrome	53,5	»
Manganèse	55	0,14411
Fer	56	0,11379
Cobalt	59	0,10696
Nickel	59	0,10863
Cuivre	63	0,09555
Zinc	65,02	0,09515
Yttrium	64,3	»
Vanadium	68,5	»
Indium	71,8	»
Rubidium	85,36	»
Strontium	87,5	»
Zirconium	89,6	»
Cérium	92	»
Lanthane	92,8	»
Didyme	96	»

Métaux.	Poids atomique.	Chaleur spécifique.
Molybdène.............	96	0,07218
Rhodium.....	104	0,05408
Ruthénium.......... ..	104	»
Palladium..............	106,5	0,05927
Argent...............	108	0,05701
Cadmium..............	112	0,05669
Étain.................	118	0,05623
Uranium..............	120	0,05190
Antimoine.............	122	0,05077
Cæsium...............	133,036	»
Baryum.............. .	137	»
Tungstène.............	184	0,03636
Or....................	196,5	0,03244
Platine...............	197	0,03243
Osmium.	197	0,03063
Iridium..........	197	»
Mercure.	200	0,03332
Thallium..............	204	0,03375
Plomb.............. .	207	0,03140
Bismuth.........	210	0,03084
Tantale...............	230,5	»
Thorium...............	231,5	»
Niobium..............	»	»
Erbium...............	»	»
Terbium..............	»	»
Pélopium..............	»	»
Ilménium......	»	»

Enfin, à la loi précédente, je crois devoir ajouter une remarque qui a frappé mon attention. On peut dire qu'en règle générale les métaux les plus répandus dans la nature, soit en masse, soit d'une manière diffuse, ne sont pas toxiques. C'est ce qui a lieu pour le rubidium, et pour presque tous les métaux cités en tête du tableau précédent, jusqu'au cuivre. Je dis presque, car je ne connais rien encore sur les effets du titane. Le contraire semblerait devoir exister pour le rubidium et le lithium aux yeux des personnes peu au fait de la chimie ; mais on sait actuellement que ces deux métaux sont diffus dans la nature. Ainsi M. Grandeau a fait voir que les cendres du café et de la betterave renferment du rubidium en quantités notables, et que les cendres du tabac renferment non-seulement du rubidium, mais encore du lithium. D'ailleurs plu-

sieurs de ces métaux font partie intégrante de notre organisme. Il serait intéressant de faire de nouvelles recherches sur ce prétendu plomb normal, qu'on a cru exister dans notre économie.

PREMIÈRE CLASSE. — MÉTAUX MONOATOMIQUES.

Je divise cette classe en deux groupes :

Le premier renferme les métaux alcalins, savoir : le sodium, le potassium, le rubidium, le cæsium, le lithium et enfin le thallium que je crois devoir y ajouter.

Le deuxième n'est représenté que par l'argent.

1er GROUPE. — MÉTAUX ALCALINS.

Ces métaux présentent entre eux les plus grandes analogies. Tous ont une si grande affinité pour l'oxygène, qu'ils s'oxydent à l'air froid, et décomposent l'eau à la température ordinaire. Leurs oxydes sont solubles, ainsi que leurs carbonates ; ce caractère sert aussi à les distinguer des autres métaux, dont les combinaisons correspondantes sont en général complétement insolubles.

1° *Sodium*, *potassium*, *rubidium et cæsium*.

Poids atomiques : 23 — 39 — 85,36 — 133,036

Les propriétés chimiques du sodium et du potassium étant connues de tous les médecins, je n'en parlerai pas ; je me bornerai à donner quelques détails sur le cæsium et le rubidium, et je passerai immédiatement à l'étude des effets physiologiques des trois premiers métaux.

Cæsium et rubidium. — En 1860, MM. Kirchhof et Bunsen firent connaître un nouveau procédé d'analyse d'une délicatesse extrême, la *spectrométrie* ou *analyse spectrale.* Dans le courant de cette même année, ces savants découvrirent, à l'aide de ce procédé, un nouveau métal, dans l'eau minérale de Kreutznach, dans les eaux mères des salines de Durckheim et dans la source d'Ungemach à Baden. Il lui donnèrent le nom de cæsium, à cause de la belle raie bleue qu'il produit dans le spectre solaire. L'année suivante, ils en trouvèrent un second, dans les résidus de la *lépidolithe* de Saxe, dont on avait extrait de la lithine. Celui-ci reçut le nom de rubidium, à cause de la raie rouge qu'il produit dans le spectre.

On prépare le rubidium en suivant un procédé analogue à celui qui donne le potassium. On chauffe fortement un mélange de bitartrate de rubidium, de tartrate neutre de calcium et de noir de fumée. Il se dégage de l'oxyde de carbone et des vapeurs de rubidium que l'on condense.

Le rubidium est brillant comme l'argent; il se ternit à l'air plus rapidement que le potassium. Sa densité est 1,516; il fond à 38°,5 et se volatilise au rouge.

Le cæsium n'a pas encore été isolé.

Diffusion du rubidium et du cæsium. — Ces métaux existent dans le sol et dans un grand nombre d'eaux minérales; mais le cæsium paraît beaucoup moins répandu que le rubidium. M. Grandeau les a trouvés dans l'eau de Bourbonne, dans l'eau de Vichy. Un litre d'eau de Bourbonne contient, d'après ses analyses :

Chlorure de potassium.	$0^{gr},034$
— de cæsium.	$0^{gr},032$
— de rubidium.	$0^{gr},019$

La présence du rubidium et du cæsium est constamment liée à celle du lithium, comme dans les minéraux de ce métal, tels que la pétalite, la triphylline.

Expériences de M. Grandeau. — *Examen comparatif des propriétés physiologiques des sels de rubidium, de potassium et de sodium.* (Leçon sur le rubidium et le cæsium, professée le 20 février 1863 devant la Société chimique de Paris, et *Journal de M. Robin*, année 1864.)

On ne peut avoir recours à l'ingestion dans le tube digestif d'une substance, dont on veut étudier l'action physiologique ou les propriétés toxiques, qu'à la condition que cette substance soit douée de propriétés assez énergiques. M. Grandeau a donc renoncé à tenter des expériences dans ce sens, et s'est arrêté, de concert avec M. Claude Bernard, qui a bien voulu l'aider dans le cours de ces recherches, de son savoir et de sa grande habileté des vivisections, à l'injection dans les veines de dissolutions de divers sels des métaux précédents.

Les sels qui ont servi à ses expériences sont les suivants : chlorures de rubidium, de potassium, de sodium ; carbonates de potassium, de sodium ; azotates de sodium, de potassium. Les injections ont été faites dans la veine jugulaire, chez des chiens à jeun ou chez des lapins en digestion. On a choisi de préférence, pour chaque expérience comparative, des animaux de taille et de vigueur identiques.

Voici le résumé succinct des expériences de M. Grandeau :

Le chlorure de rubidium, à la dose de 66 centigrammes, n'a produit aucun effet sur un lapin ; le même sel, à la dose

de 1 gramme pour 15 grammes d'eau, n'a exercé également aucune action.

Le chlorure de potassium a déterminé la mort chez un lapin, à la dose de 23 centigrammes pour $3^{gr},5$ d'eau, et chez un chien, à la dose de 1 gramme pour 15 grammes d'eau.

Les effets du chlorure de sodium ont été nuls, après avoir été injecté, à la dose de 1 gramme pour 15 grammes d'eau, dans la veine jugulaire d'un chien qui, un mois auparavant, avait servi à d'autres expériences.

La carbonate de potassium, à la dose de $1^{gr},5$ pour $7^{gr},5$ d'eau, a déterminé une mort foudroyante chez un chien. Il en a été de même de l'azotate de potassium, qui a fait mourir rapidement un lapin à la dose de $1^{gr},3$ pour $6^{gr},5$ d'eau.

Le carbonate de sodium, à la dose de $7^{gr},8$ pour $64^{gr},7$ d'eau, n'a produit chez un chien que des effets passagers ; ces effets ont été nuls chez un lapin à la dose de $2^{gr},21$ pour 13 grammes d'eau.

M. Grandeau conclut de cette série d'expériences :

1° Que les sels de soude peuvent être introduits dans le torrent circulatoire sans produire d'accidents, et que des doses très-fortes de ces sels n'amènent pas la mort ;

2° Que les sels de potasse, injectés dans le sang, sont éminemment toxiques, et que des doses très-faibles suffisent pour amener une mort foudroyante ;

3° Que la mort n'a pas lieu dans ce cas par asphyxie, puisqu'à l'autopsie les poumons et le cœur se trouvent à l'état normal ;

4° Que, contrairement à ce qu'auraient pu faire prévoir les

analogies si complètes du potassium et du rubidium, ce dernier métal est tout à fait dépourvu de propriétés toxiques, et ses sels peuvent être impunément introduits dans le torrent circulatoire, sans amener aucun des accidents produits par l'injection des sels de potassium.

Expériences de M. Bouchardat (*Annuaire de thérapeutique*, 1846). — M. Bouchardat mit des poissons dans deux solutions : l'une contenait 1/20 de sulfate de sodium, et l'autre 1/100 de sulfate de potassium. Les poissons vécurent quarante-huit heures dans la première solution, et ils périrent assez promptement dans la seconde.

Le sulfate de potassium ne renfermant pas d'eau de cristallisation, il serait utile de savoir si l'auteur a expérimenté sur du sulfate du sodium anhydre. Néanmoins, comme 1/20 de sulfate de sodium hydraté correspond à une quantité plus forte que 1/100 du sel anhydre, l'expérience demeure tout à fait concluante.

MM. Bouchardat et Stuart Cooper, dans leurs recherches sur le chlorure, le bromure et l'iodure de potassium, avaient déjà constaté l'action toxique de ces sels. Après avoir fait des injections chez des animaux, ils avaient trouvé les veines, le cœur et les gros vaisseaux remplis de caillots. M. Grandeau, dans les expériences que j'ai citées, n'a jamais rien observé de semblable ; il a toujours trouvé le sang parfaitement liquide ; de plus, le cœur gauche était rempli de sang rouge, et le cœur droit, de sang noir, ce qui prouve que les animaux n'avaient pas succombé à l'asphyxie.

Après avoir fait connaître les expériences précédentes qui ont trait à mon sujet, je vais rapporter les miennes.

On a déjà vu, dans mes recherches sur les fluorures

(page 52), que j'ai mis des grenouilles dans des solutions contenant différents sels de potassium et de sodium, et l'on a remarqué que la mort est arrivée plus rapidement dans les solutions du premier métal que dans celles du second.

43e *Expérience.* — Je prépare deux solutions : l'une contient $12^{gr},5$ d'acétate de potassium pour 1000 grammes d'eau ; l'autre, $29^{gr},5$ d'acétate de sodium cristallisé, pour la même quantité de dissolvant. Ces deux solutions renferment 1 gramme de métal. Je mets dans chacune d'elles trois grenouilles. Parmi celles qui sont dans l'acétate de potassium, deux meurent au bout de soixante-quinze heures et la troisième au bout de cent heures. L'une de celles qui sont dans l'acétate de sodium meurt après vingt-quatre heures, mais les autres vivent près de huit jours. La température moyenne était de 11 à 12 degrés.

On voit que lorsqu'on opère sur les grenouilles, il faut varier les expériences. Il n'est pas rare, en effet, que quelques-uns de ces animaux périssent, sans cause connue, dans l'eau ordinaire, où on les conserve avec tout le soin possible. On commettrait donc une grande erreur en attribuant à l'influence du nouveau milieu ce qui tient à un état particulier de l'animal soumis à l'expérimentation.

44e *Expérience.* — J'ai voulu aussi faire des injections chez des animaux à sang chaud ; mais je n'ai expérimenté jusqu'ici qu'avec l'acétate de potassium.

$2^{gr},5$ d'acétate de potassium, correspondant à 1 gramme de métal, sont injectés dans la veine jugulaire d'un chien de taille moyenne, et à jeun depuis vingt-quatre heures. L'injection est faite rapidement. L'animal meurt aussitôt, avant qu'il soit détaché ; le cœur est rempli de caillots.

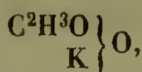
J'ai déjà dit que MM. Bouchardat et Stuart Cooper avaient trouvé des caillots dans le cœur, tandis que M. Grandeau n'en avait jamais rencontré. Cette divergence dépend peut-être de ce que M. Grandeau avait fait ses injections avec lenteur.

Je me propose de faire une expérience analogue en employant 5gr,91 d'acétate de sodium cristallisé, quantité correspondant à 1 gramme de métal. Je crois que cette dose ne sera pas trop forte, car je citerai bientôt une expérience où j'ai injecté dans la veine jugulaire d'une chienne 3gr,5 de chlorure de magnésium cristallisé, sans produire aucun effet.

Comme je rapporte toujours à un poids donné de métal les quantités des différents sels que j'emploie, je crois devoir rappeler aux personnes peu au courant de la chimie la manière de faire ce calcul.

Je suppose, par exemple, que l'on veuille chercher la quantité d'acétate de potassium contenant 1 gramme de métal.

La formule de l'acétate de potassium étant



$$\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ K \end{matrix}\right\} O,$$

on cherche le poids moléculaire de ce sel.

Le poids atomique du carbone est........	12	d'où	$C^2 = 24$
— de l'hydrogène est.....	1	d'où	$H^3 = 3$
— de l'oxygène est......	16	d'où	$O^2 = 32$
— du potassium est......	39	d'où	$K = 39$
Le poids moléculaire de l'acétate de potassium est alors..			98

Il en résulte que 98 grammes d'acétate de potassium contiennent 39 de métal. Pour trouver le poids de ce sel corres-

pondant à 1 gramme de potassium, il n'y a qu'à poser la proportion suivante :

$$\frac{98}{39} = \frac{x}{1}$$

d'où $x = 2^{gr},513$.

Ce qui frappe, dans toutes ces expériences, c'est l'innocuité du sodium et du rubidium. M. Cl. Bernard avait déjà vu que le carbonate de sodium peut être injecté sans danger dans les veines, et qu'on peut même aller jusqu'à des doses considérables, sans produire aucun accident. Le rubidium offre une exception à la loi que j'ai trouvée ; j'ai averti déjà de ce fait dès les premières lignes de la seconde partie de mon travail. Quant au potassium, je ferai remarquer que son poids atomique est plus élevé que celui du sodium, et que ses composés sont plus actifs que ceux de ce dernier métal. Enfin, pour donner une preuve à l'appui de cette remarque, sur laquelle j'insiste également, savoir : que les métaux les plus diffus dans la matière inerte ou vivante sont les moins toxiques, je rappellerai que M. Schmidt (de Dorpat) a montré que le potassium est localisé dans les globules sanguins, tandis que le sodium est répandu dans l'organisme tout entier.

COMPARAISON DES SULFATES, IODURES, BROMURES, CHLORATES ET AZOTATES DE POTASSIUM ET DE SODIUM.

1° *Sulfates de potassium et de sodium.* — Les expériences de MM. Grandeau, celles de M. Bouchardat et Stuart Cooper, ainsi que les miennes, ont prouvé suffisamment que les sels de potassium sont plus actifs que les sels de sodium. Ils déterminent la mort à des doses sous lesquelles les sels de sodium

n'exercent aucun effet nuisible. Aussi, dans la pratique médicale, le sulfate de potassium, ou *sel de duobus*, est-il rarement usité, et lorsqu'on l'emploie, on ne doit pas dépasser la dose de 10 à 15 grammes, tandis que le sulfate de sodium peut se donner parfaitement à la dose de 45 ou 50 grammes, et même au delà. Il est vrai qu'il se présente ici une objection.

Le sulfate de sodium cristallise avec dix molécules d'eau, tandis que le sulfate de potassium est anhydre ; le premier sel doit par conséquent renfermer, sous le même poids, moins de métal que le second ; il n'est dès lors pas étonnant que ses doses doivent être plus fortes que celles du sulfate de potassium. Pour répondre à l'objection, il suffit de calculer la quantité de métal contenue dans un poids donné de ces deux sels ; or on trouve que 45 grammes de sulfate de sodium renferment 9^{gr},315 de sodium, tandis que 15 grammes de sulfate de potassium renferment 6^{gr},72 de potassium. Ainsi, on voit encore une fois que le potassium est plus actif que le sodium.

2° *Iodures de potassium et de sodium.* — Je me suis demandé souvent pourquoi l'iodure de potassium était employé à l'exclusion complète de l'iodure de sodium. Chacun sait que le premier de ces sels, administré à hautes doses, ou continué longtemps, provoque souvent un flux intestinal ; le médicament n'est plus absorbé en quantité suffisante, il n'agit plus, et il faut l'abandonner pendant quelques jours. Ne pouvant trouver la raison de cette préférence en faveur de l'iodure de potassium, j'ai écrit à M. Ricord, qui, avec son aménité ordinaire, m'a répondu aussitôt en me disant que c'était à l'expérimentation de décider, quant aux résultats thérapeutiques, entre ces deux composés. J'avais déjà des expériences qui prouvaient que l'iodure de potassium faisait mourir les

grenouilles beaucoup plus rapidement que l'iodure de sodium employé à la même dose; j'en ai institué aussitôt de nouvelles, mais avant de les citer, je crois devoir faire connaître les arguments qui militent en faveur de l'iodure de sodium.

1° Le poids atomique du sodium étant moindre que celui du potassium, l'iodure de sodium renferme plus d'iode qu'un poids égal d'iodure de potassium. En effet, 1 gramme du premier sel renferme $0^{gr},8466$ d'iode, tandis que 1 gramme du second n'en renferme que $0^{gr},765$. Or, puisque c'est l'iode qui agit curativement, et non le métal qui lui sert de support, l'iodure de sodium peut être donné à des doses plus faibles que l'iodure de potassium.

2° Le sodium, étant moins actif que le potassium, doit produire moins facilement des effets secondaires et inutiles, tels que le flux intestinal, et par suite l'emploi peut en être continué sans interruption.

Le premier argument est fondé sur des chiffres; le second, relatif à l'innocuité plus grande de l'iodure de sodium, va être prouvé par des expériences que j'ai faites sur des animaux et sur moi-même.

Je rappellerai d'abord l'expérience où l'on voit que des grenouilles ont vécu cent trente heures dans une solution de 10 grammes d'iodure de potassium pour 1000 grammes d'eau, tandis que d'autres grenouilles ne sont mortes qu'au bout de deux cent quatre heures dans une solution d'iodure de sodium au même degré de dilution.

45ᵉ *Expérience.* — On lit dans la revue de Canstatt (*Canstatt's Jahresbericht*, V, p. 102, 1857), que, d'après des expériences citées dans le *Medicinische Zeitung* du docteur Arneth, l'iodure de potassium agit mortellement sur les lapins à la

dose de 7gr,5, tandis que chez les chiens il n'agit à cette dose que comme vomitif, et ne produit pas d'effets nuisibles, lorsque l'œsophage a été lié.

Le 19 avril, j'administre à un lapin 7gr,5 d'iodure de sodium dissous dans 40 grammes d'eau. Le sel avait été préalablement fondu pour en obtenir un poids exact. Mon lapin était de taille très-médiocre, néanmoins il ne parut souffrir aucunement de cette dose énorme. Il était aussi vif qu'auparavant, et trois quarts d'heure après il mangea un peu de pain et de chou. Sa pupille resta normale. Il urina une demi-heure après l'absorption du sel; je reconnus facilement la présence de l'iode en versant dans l'urine répandue sur le sol une petite quantité d'acétate de plomb; il y eut immédiatement production d'une coloration jaune due à l'iodure de plomb formé.

Le lendemain matin, il paraissait moins dispos qu'à l'ordinaire, néanmoins il courait dans le laboratoire. Son appétit avait considérablement diminué. Ayant remarqué qu'il cherchait à boire de l'eau, je lui en présentai qu'il prit avec plaisir; il en but également le soir. Enfin le surlendemain sa santé était parfaite, ainsi que les jours suivants; cette médication semblait avoir augmenté son appétit.

46e *Expérience.* — Le 2 mai, à quatre heures et demie, je fais avaler au même lapin 10 grammes d'iodure de sodium fondu. Un quart d'heure après il mange un peu de chou; il court dans le laboratoire, cependant il paraît fatigué. Avant de le quitter, à six heures, je lui présente de l'eau dont il boit une petite quantité. Le lendemain matin il était mort.

A l'autopsie, je trouve un peu de sérosité dans les plèvres, et le péritoine est plus humecté que d'ordinaire. Les plèvres

elles-mêmes offrent un aspect normal, mais les poumons sont congestionnés et ecchymosés. La muqueuse trachéale est rouge, et cette rougeur va en augmentant depuis l'origine de la trachée jusqu'à sa bifurcation ; c'est là qu'elle atteint son maximum, et elle se propage ensuite dans les bronches et les ramifications bronchiques. L'encéphale est intact ainsi que ses enveloppes. Le rectum contient des matières dures comme d'ordinaire; ce fait est intéressant à noter, car il est probable que l'iodure de potassium aurait produit des effets laxatifs.

Les reins, qui paraissent normaux à la vue simple, sont examinés au microscope. Mon ami le docteur Goujon et moi, nous trouvons les tubuli pourvus de leur épithélium dans la portion tubuleuse, mais quelques-uns sont desquamés dans la portion corticale. La vessie est pleine; l'urine qu'elle contient est recueillie et traitée par la chaleur; elle devient à peine opaline, ce qui concorde avec la faible altération des reins. Je ferai remarquer que les solutions iodurées donnent de l'iode libre lorsqu'on les traite par l'acide azotique. C'est ce qui est arrivé ici ; les urines, qui renfermaient une grande quantité d'iodure de sodium, donnèrent un dépôt abondant d'iode, lorsqu'on y versa de l'acide nitrique.

L'animal sur lequel j'avais opéré était de taille médiocre, de plus, il avait été soumis à une première épreuve déjà excessive. Il serait possible qu'un lapin vigoureux et vierge de traitement pût tolérer 10 grammes d'iodure de sodium.

47ᵉ *Expérience.* — Celle-ci est faite sur moi-même.

Le 16 avril, je prends à jeun, à 9 heures du matin, 50 centigrammes d'iodure de sodium fondu, dissous dans 40 grammes d'eau environ. La solution me paraît avoir une saveur moins désagréable et moins piquante que celle de l'iodure de

potassium. J'examine mon urine toutes les dix minutes, et ce n'est qu'après la trentième que je reconnais la présence de l'iode, en y ajoutant du chlorure de chaux et de l'amidon. Celle que je recueille plus tard donne immédiatement une coloration bleue intense sous l'influence de ces réactifs.

Le lendemain, je ne puis constater la présence de l'iode dans l'urine recueillie de huit heures à neuf heures du matin. Je prends ensuite la même dose que la veille, et cette fois l'iode devient manifeste sous l'influence du chlore vingt minutes après l'ingestion du sel.

Le 18 et le 19 avril, j'en absorbe 1 gramme; je trouve des traces d'iode dans mon urine recueillie également de huit heures à neuf heures. Dans la journée du 19, il me vient une acné au cou. Enfin, le 20, je prends une dose de 2 grammes. Le 21, je reste sans médication, mais le lendemain 22, prends 3 grammes d'iodure de sodium. Un de mes amis, élève en médecine, en absorbe $1^{gr},50$, et nous allons faire ensemble une longue promenade à la campagne. Nous ressentons vers midi une légère ardeur dans les arrière-fosses nasales. Ce qui me frappe surtout, c'est que, malgré la dose de 3 grammes, qui correspondent à peu près à $3^{gr},5$ d'iodure de potassium, je n'éprouve *aucun symptôme d'anxiété épigastrique*, comme on en ressent après avoir pris des doses moindres de ce dernier sel.

Une expérience peut souvent servir à plusieurs fins. J'ai recueilli mon urine depuis le 16 avril jusqu'au 22 au matin. J'en ai trouvé $6^{lit},7$, ce qui donne à peu près $1^{lit},1$ par jour. Ce nombre est au-dessous de la moyenne généralement admise, $1^{lit},2$ à $1^{lit},3$; il est vrai que je ne pèse que 60 kilogrammes.

Enfin, j'ai voulu doser l'iode qu'elles contenaient, car on sait que les iodures s'éliminent presque en totalité par les

urines. Jusqu'au 21 avril j'avais pris 6 grammes d'iodure de sodium, j'en ai retrouvé presque la totalité.

3° *Bromures de potassium et de sodium.* — J'invoquerai en faveur du bromure de sodium les mêmes arguments que ceux que j'ai cités en faveur de l'iodure. Je n'ai sur ce sujet aucune expérience nouvelle à rapporter; je renvoie donc le lecteur à la page 52, où il verra que les grenouilles et les salamandres ont vécu plus longtemps dans les sels de sodium que dans les sels de potassium.

4° *Chlorates de potassium et de sodium.* — Le chlorate de potassium, découvert par Berthollet, cristallise en lames hexagonales symétriques, anhydres et inaltérables à l'air. Ce sel est *peu soluble,* puisque 100 parties d'eau n'en dissolvent que 6 parties à la température de 15 degrés.

Le chlorate de sodium possède une solubilité beaucoup plus grande; 100 parties d'eau froide en dissolvent 40 parties; l'alcool en prend également une grande quantité.

L'acide chlorique étant un corps très-instable, il est probable que les chlorates agissent par le chlore et l'oxygène qu'ils mettent en liberté dans l'économie.

Je n'ai pas encore fait d'expérience sur les deux sels précédents, mais l'analogie fait admettre qu'à doses égales le chlorate de sodium doit être toléré plus facilement que le chlorate de potassium. Il est vrai que la faible solubilité du chlorate de potassium apportera toujours un obstacle à son action toxique, mais cette même propriété entrave également son action curative. Aussi est-ce avec étonnement que je le vois employé presque partout, à l'exclusion du chlorate de sodium, plus soluble. Je dis presque partout, parce que M. Barthez,

et après lui, M. Noël Gueneau de Mussy sont les seuls, à ma connaissance, qui aient préconisé le chlorate de sodium. Leur exemple devrait être suivi; en effet, M. Barthez, ayant employé le chlorate de sodium en instillations dans la trachée, a obtenu les plus heureux résultats. Les enfants qu'il trachéotomisait mouraient presque tous auparavant; cette fois la guérison devint la règle. Les solutions employées renfermaient d'abord 1 gramme, puis 3 et 4 grammes de chlorate de sodium, pour 30 grammes d'eau.

5° *Azotates de potassium et de sodium.* — Ces deux sels produisent les mêmes effets; ils sont sédatifs et diurétiques; mais le premier devient toxique à des doses un peu élevées. Je rappellerai à ce sujet les expériences de M. Grandeau (voy. p. 62), dans lesquelles un lapin mourut après une injection de 1^{gr},3 d'azotate de potassium, tandis que chez un autre animal de la même espèce les effets furent nuls après une injection de 2^{gr},21 d'azotate de sodium. On peut, du reste, se dispenser d'invoquer les expériences faites sur les animaux, car les cas d'empoisonnements produits par le nitre chez l'homme sont assez nombreux. On peut consulter à ce sujet : *Annales de thérapeutique*, mai, 1843; — *Canstatt's Yahres-bericht*, t. V, 1844; — *Revue de thérapeutique méd.-chir.*, n° 8, 1854. Néanmoins les doses nécessaires pour produire la mort doivent être assez fortes, ainsi Bennet (*Lancet*, 10 févr. 1844) dit que le nitre n'agit comme irritant qu'à la dose d'une 1/2 à 2 onces. Ce fait s'explique par la rapidité avec laquelle le sel est éliminé par les reins; aussi peut-on administrer sans danger le nitre à la dose de 20 grammes, si l'on a soin de le dissoudre *dans au moins un litre d'eau* (Bouchardat).

Je ne parlerai pas des lésions ni des symptômes observés dans l'empoisonnement par l'azotate de potassium ; je renvoie le lecteur à l'article cité dans la *Revue de thérapeutique médico-chirurgicale*, 1854, où sont rapportés deux cas de mort suivis d'autopsies.

Cæsium. — Je ne connais aucune expérience faite avec les sels de ce métal. Il est donc impossible de se prononcer sur son activité physiologique. On peut seulement présumer que ce métal est plus actif que le potassium.

2° *Lithium* (Li).

Poids atomique.. 7 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. »

Vers l'année 1817, Arfwedson découvrit la lithine ou oxyde de lithium, dans quelques minéraux très-rares, tels que la *pétalite*, le *spodumen*, la *tourmaline apyre;* Davy soumit ensuite cette base à l'action de la pile et en retira le lithium. M. Troost a fait une série de recherches sur ce métal.

Le lithium, de même que le rubidium et le cæsium, existe en faible quantité dans la nature, mais il se rencontre presque partout. Ainsi M. Grandeau l'a trouvé dans les cendres de tabacs de provenances les plus diverses (Havane, Algérie, Hongrie, Macédoine, etc.); il n'a pu pourtant en découvrir dans le tabac de Virginie. D'un autre côté, MM. Kirchhoff et Bunsen font remarquer que toutes les matières dans lesquelles ils ont reconnu l'existence du rubidium et du cæsium, contiennent du lithium. Enfin le lithium a été rencontré dans diverses eaux minérales, telles que celles de Carlsbad, de Fanzenbad, de Vichy ; M. Redtenbacher l'a signalé dans les eaux de Hall (Autriche), et dans les eaux mères des sources salées d'Ebensee.

De l'emploi du lithium en thérapeutique. — Le docteur Andrew Ure est le premier qui ait proposé l'emploi médical du carbonate de lithium. Il s'est fondé sur les expériences de Lipowitz, confirmées par lui-même, d'après lesquelles la lithine possède fortement la propriété de dissoudre l'acide urique. En effet, une partie de lithine peut neutraliser 4 parties de cet acide, et l'urate de lithium, n'exigeant pour se dissoudre que 60 parties d'eau, est par conséquent l'urate le plus soluble. La puissance dissolutive du carbonate de lithium vis-à-vis de l'acide urique, est deux fois plus considérable que celle dù borax et du carbonate de sodium, et dépasse huit fois celle du bicarbonate de ce dernier métal. Une pierre vésicale, constituée par des couches alternatives d'acide urique et d'oxalate de calcium, perdit en cinq heures, à la température de 40 degrés, 5 grammes de son poids, après avoir été mise dans une solution de 2 décigrammes de carbonate de lithium, dans une once d'eau. Je rappellerai à ce sujet que l'eau de Wichy et d'autres eaux alcalines renferment du lithium, et qu'elles doivent sans doute à ce métal une partie de leurs propriétés.

Le carbonate de lithium a été très-peu employé en France; il n'a guère été essayé que par M. Rayer et par M. Garrod, dont les expériences sont résumées dans le *Manuel de matière médicale et de thérapeutique* de M. Bouchardat.

Il est probable que les combinaisons du lithium sont inoffensives, car le poids atomique de ce métal est le plus faible de tous.

3° *Thallium* (Tl).

Poids atomique.. 204 — Chaleur spécifique.. 0,03375 — Densité.. 11,869

Le thallium a été découvert en 1861 par M. Crookes, qui

le rangea dans le groupe du soufre, du sélénium et du tellure ; M. Lamy, en 1862, reconnut la véritable nature de ce corps nouveau, et le plaça parmi les métaux. Enfin M. Wilm a fait, au laboratoire de M. Wurtz, un travail remarquable sur ce métal (voy. *Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. V, 1865).

Le thallium est appelé ainsi (de θάλλειν, verdir), à cause de la belle raie verte qu'il produit dans le spectre solaire, et de la coloration verte qu'il communique à la flamme de l'alcool ou du gaz. Ce métal se rapproche du plomb par ses propriétés physiques, telles que sa dureté, son poids spécifique et sa fusibilité; mais il en diffère par ses propriétés chimiques, qui le rapprochent des métaux alcalins. Il s'oxyde facilement à l'air, aussi faut-il le conserver dans l'huile de naphte. Il ne paraît pas décomposer l'eau à la température ordinaire, mais il s'empare de l'oxygène qu'elle peut tenir en dissolution, et l'oxyde formé lui communique une réaction alcaline. En effet, l'oxyde de thallium est très-soluble dans l'eau, et sa solution a l'odeur de la lessive de potasse ou de soude.

Tels sont les caractères qui font ranger le thallium parmi les métaux monoatomiques. On peut encore ajouter que, de même que ceux-ci, il forme des aluns. Cependant, ce métal fonctionne également comme triatomique; on connaît le chlorure de thallium ($TlCl^3$), c'est pourquoi M. Naquet a raison de le placer à côté de l'or et du vanadium. Néanmoins, à cause de la solubilité de son oxyde et de ses sels, je préfère, dans un travail de cette nature, le ranger parmi les métaux alcalins.

Propriétés toxiques du thallium. — Ce métal, dont le

poids atomique est si élevé, est éminemment toxique. Nous devons la connaissance de ce fait à M. Grandeau (*loc. cit.*), à M. Lamy et à M. Paulet (*Comptes rendus*, 1863).

Je rapporte textuellement l'expérience de M. Grandeau :

« Le 13 février 1863, j'ai administré respectivement à deux chiens vigoureux 1 gramme de sulfate de thallium et 1 gramme et demi d'acétate neutre de plomb, chacun dissous séparément dans 40 grammes d'eau distillée. Ces dissolutions ont été portées directement dans l'estomac à l'aide d'une sonde œsophagienne. L'animal auquel on avait donné le sulfate de thallium vomit un quart d'heure après l'ingestion de ce sel. Malgré cela il paraît souffrant ; le lendemain et jours suivants, jusqu'au 18, il refuse toute nourriture, il meurt le 18 février, c'est-à-dire cinq jours après l'ingestion du poison, après avoir manifesté tous les accidents qui accompagnent l'intoxication saturnine.

Le chien à qui on avait ingéré 1^{gr},5 d'acétate de plomb, vomit une demi-heure après l'ingestion. Il paraît moins abattu que le précédent ; dès le lendemain, il mange comme à l'ordinaire, et, à partir de ce moment, il n'y paraît plus. Les sels de thallium paraissent donc doués de propriétés toxiques beaucoup plus énergiques que les sels de plomb. »

Je n'admets point cette dernière conclusion ; j'ai la conviction que le plomb est au moins aussi toxique que le thallium. En effet, l'acétate de plomb introduit dans l'estomac se transforme en un autre sel, le chlorure qui est très-peu soluble, puisqu'il faut 123 parties d'eau pour en dissoudre une partie ; dès lors les effets nuisibles du plomb ne peuvent guère se manifester. Je reviendrai plus tard sur ce sujet.

IIᵉ GROUPE. — DES MÉTAUX MONOATOMIQUES.

J'ai déjà dit que ce groupe n'est représenté que par un seul métal, l'argent.

Argent (Ag).

Poids atomique.. 108 — Chaleur spécifique.. 0,05701 — Densité.. 10,47.

L'argent se trouve dans la nature à l'état natif, mais on le rencontre surtout à l'état de sulfure (*argyrose*), de chlorure (*kérargyre*). Il en existerait même des traces dans le sang, où il aurait été introduit par le sel marin. On conçoit la possibilité de ce fait, en se rappelant que le chlorure d'argent est soluble en petite quantité dans le chlorure de sodium, et que par conséquent les eaux des mers, baignant une mine de kérargyre, doivent dissoudre ce minerai.

L'argent est toxique : outre l'action corrosive que produit son nitrate, ce métal détermine des accidents généraux, à l'ensemble desquels M. Falk a donné le nom d'argyrisme. Parmi ces phénomènes morbides il faut citer surtout une sorte d'affection cérébro-spinale.

Je n'ai pas fait moi-même d'expériences sur les sels d'argent, mais mon collègue M. Legros vient d'en faire une au laboratoire de M. Robin.

Expérience de M. Legros. — « Le 24 avril, je mêle à la nourriture d'un rat 20 centigrammes de chlorure d'argent; l'animal mange presque tout ce que je lui donne. Le lendemain 25 il ne paraît pas souffrir, mais sa soif est ardente : je lui présente la même quantité de chlorure d'argent. Le 26, l'animal est très-abattu, il a quelques mouvements convulsifs; les matières fécales sont noires et diarrhéiques; je mêle à la

nourriture la même dose de chlorure. Le lendemain 27, le rat est mort; l'extrémité des pattes et le nez sont noirâtres, l'intestin est plein de matières fécales noires; le foie est d'un brun foncé.

» Cette expérience montre d'abord que les sels d'argent sont éminemment toxiques, ce que l'on sait fort bien; mais elle montre surtout que le chlorure d'argent est facilement absorbé dans le tube digestif, et que les préparations de nitrate d'argent, si souvent employées aujourd'hui à l'intérieur, pourraient être remplacées avantageusement par les préparations de chlorure. »

J'adopte complétement les conclusions de M. Legros. Il est en effet une chose certaine, c'est que l'azotate d'argent, administré à l'intérieur, se transforme immédiatement en chlorure. Pourquoi alors l'employer autrement que sous cette forme? D'un autre côté, on sait que le chlorure d'argent, complétement insoluble dans l'eau, se dissout à froid en petite quantité dans l'acide chlorhydrique et les chlorures alcalins, et que si la température s'élève, la solubilité du sel augmente considérablement. Voici à ce sujet une expérience facile à répéter. On fait bouillir de l'eau contenant du sel marin et du chlorure d'argent; ce dernier sel se dissout, mais, si l'on verse de l'eau froide dans la solution, il se produit aussitôt un précipité de la plus grande partie du chlorure argentique. Cette expérience explique la pénétration de l'argent dans l'organisme; en effet, le chlorure formé se dissout dans l'acide chlorhydrique du suc gastrique, et dans les chlorures de l'économie.

D'ailleurs l'emploi médical du chlorure d'argent n'est pas nouveau. Ce sel a été autrefois recommandé par Poterius, comme anthelminthique et hydragogue, puis par Hoffmann et

Fachenius, contre la manie, la mélancolie et l'épilepsie, et plus récemment par MM. Payan, Serres et Sicard, contre la syphilis. Enfin le docteur Perry (*Journ. de chim. méd.*, janvier 1844) l'a proposé contre l'épilepsie, à la dose de 15 centigrammes pris en trois ou quatre fois par jour, et contre les diarrhées chroniques, à la dose de 25 milligrammes d'abord, pour s'élever successivement jusqu'à 10 et 15 centigrammes.

M. Delioux (*Bulletin général de thérapeut.*, octobre 1852) a traité une épilepsie (non guérie) par l'hyposulfite d'argent et de sodium. Il a administré ce sel pendant un mois, en commençant par 5 centigrammes par jour, puis il s'est élevé graduellement jusqu'à la dose de 60 centigrammes. Le sel était dissous dans 150 grammes d'eau, et cette solution était prise en trois ou quatre fois, matin, midi et soir. Sous l'influence de ce traitement, aucune modification appréciable n'est survenue dans les fonctions des grands appareils organiques, sauf celle assez remarquable qui s'est manifestée dans les fonctions digestives. Dès les premiers jours du traitement, le malade a accusé un sentiment de vacuité et de défaillance dans la région de l'estomac, qui, vague et mal définie d'abord, s'est traduite en besoin de manger impérieux, sentiment tout à fait comparable à ces *formes nerveuses*, s'il est permis de s'exprimer ainsi, que l'on observe chez quelques individus atteints de gastralgie. Du moment où l'alimentation du malade a été augmentée proportionnellement à cet accroissement de l'appétit, ce symptôme du médicament a diminué, mais sans disparaître jamais, pour longtemps du moins, d'une manière complète.

M. Delioux reconnaît à l'hyposulfite d'argent et de sodium les avantages suivants : Il ne compromet pas l'intégrité de la

muqueuse gastrique; ses dissolutions étendues ne produisent aucun trouble dans les solutions albumineuses chlorurées ou non chlorurées, ni dans les liquides de l'organisme; il ne produit pas de coloration noire de la peau; enfin il exerce une action locale beaucoup moins irritante que celle de l'azotate d'argent.

COMPARAISON DES MÉTAUX MONOATOMIQUES, AU POINT DE VUE DES EFFETS TOXIQUES.

Tous ces métaux, excepté le cæsium, ont été étudiés dans des expériences faites sur les animaux. Quatre d'entre eux : le sodium, le potassium, le rubidium et le lithium ne doivent pas être considérés comme vénéneux, cependant le potassium devient dangereux lorsque ses combinaisons sont administrées à haute dose. Les effets de l'argent sont toxiques, néanmoins l'organisme peut tolérer une assez grande quantité de ce métal, ainsi qu'il résulte de l'expérience de M. Délioux, prolongée pendant un mois sur le même malade. Le thallium, dont le poids atomique est le plus élevé, paraît être aussi le plus dangereux; il produit une intoxication analogue à l'intoxication saturnine (colique, arthralgie, tremblement, paralysie des membres inférieurs), et il agit même plus rapidement que le plomb, à cause de la grande solubilité de ses combinaisons.

Ainsi se trouve vérifiée, pour les métaux monoatomiques, la loi que j'ai énoncée; il n'y a d'exception certaine que pour le rubidium. On va voir une application rigoureuse de cette même loi dans l'étude des quatre métaux suivants dont je vais m'occuper.

DEUXIÈME CLASSE. — MÉTAUX BIATOMIQUES.

Je diviserai ces métaux en cinq groupes qui semblent assez naturels.

Le premier renfermera le baryum, le strontium, le calcium et le magnésium.

Le deuxième, le cérium, le lanthane et le didyme.

Le troisième, l'yttrium, l'erbium et le terbium.

Le quatrième, le zinc, le cadmium et l'indium.

Le cinquième, le cuivre et le mercure. .

Ier GROUPE. — BARYUM, STRONTIUM, CALCIUM, MAGNÉSIUM.

Les trois premiers de ces métaux forment le groupe des *alcalino-terreux ;* en effet leurs oxydes sont intermédiaires, par leur solubilité, entre les alcalis et les oxydes terreux proprement dits. Tous les quatre font partie de ce qu'on appelle la série magnésienne.

1° *Baryum* (Ba).

Poids atomique.. 137 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. 4,5

Le baryum a été découvert par Davy, qui l'a obtenu en décomposant le baryte par la pile. Il est d'un blanc argentin ; il fond au rouge et s'oxyde facilement, même à l'air froid. On le conserve dans un liquide dépourvu d'oxygène, tel que l'huile de naphthe.

Ce métal est appelé ainsi (de βαρύς, lourd), à cause de la pesanteur de ses combinaisons. Les composés les plus vulgaires du baryum sont : le sulfate, appelé encore *barytine*,

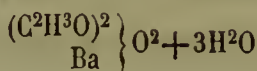
spath pesant; le carbonate, désigné en minéralogie sous le nom de *withérite*, et qui est employé en Angleterre comme *mort aux rats.*

Les combinaisons barytiques sont vénéneuses, néanmoins le chlorure a été employé en médecine, contre la syphilis, la scrofule, les engorgements ganglionnaires et les tumeurs blanches ; on l'a administré jusqu'à la dose de 35 centigrammes par jour sans produire aucun effet nuisible.

Expériences de M. Onsum, de Christiania (*Virch. Arch.*, Bd. XXVIII, S. 233). — Cet observateur a fait, dans le laboratoire de Tubingue, huit expériences avec le carbonate et le chlorure de baryum. Il résulte de ses recherches que l'empoisonnement barytique consiste essentiellement en une obstruction des artères pulmonaires, comme on a pu en produire, dans ces derniers temps, par l'introduction de substances insolubles dans les veines jugulaires. La respiration est accélérée, moins profonde, le murmure vésiculaire peut disparaître, l'action du cœur au contraire est redoublée. Plus tard survient de l'agitation, de la difficulté dans les mouvements et même parfois une véritable paralysie. Les fonctions de l'encéphale et le pouvoir réflexe sont relativement intacts. A l'autopsie des animaux qui ont succombé, on voit les cavités droites du cœur pleines de sang, les cavités gauches vides ; il y a stase veineuse. Dans les poumons se trouvent des infarctus hémorrhagiques ou des ecchymoses miliaires ; dans l'artère pulmonaire, de petits coagulums fibrineux pénétrés de corpuscules inorganiques. Les recherches chimiques ont montré à M. Onsum que le baryum se retrouvait dans les poumons, quelquefois dans le foie, jamais dans le cerveau, ni dans la moelle, ni dans les reins, ni dans les muscles. L'au-

teur pense que l'empoisonnement a lieu comme par l'acide oxalique, c'est-à-dire qu'il forme un sel insoluble, qui ici serait le sulfate de baryum, provenant de l'action du chlorure sur les sulfates de l'économie.

48ᵉ *Expérience. — Acétate de baryum.* — Cet acétate a pour formule :



$$\left.\begin{matrix}(C^2H^3O)^2\\ Ba\end{matrix}\right\}O^2 + 3H^2O$$

Ses cristaux sont des prismes aplatis, ou des prismes rhomboïdaux obliques ; les premiers renferment une molécule d'eau, les seconds en renferment trois, et le sel satisfait alors à la formule précédente. C'est celui que j'ai employé.

Le 18 avril, j'ai mis deux grenouilles dans 1000 grammes d'eau distillée, où j'ai fait dissoudre $11^{gr},28$ d'acétate représentant 5 grammes de métal. L'une est morte après deux jours, l'autre après deux jours et demi. Ayant répété l'expérience sur deux autres grenouilles, l'une a vécu vingt-quatre heures, et la seconde trois jours. Je m'explique la lenteur des accidents mortels par la faible absorption du sel, qui a dû former sur la peau des grenouilles un dépôt insoluble de carbonate de baryum ; en effet, leur peau était recouverte d'un enduit blanc et poudreux. La température moyenne, lors de l'expérience, était de 11 degrés environ.

On a vu (*expérience* 31), qu'ayant administré à un lapin 2 grammes de fluorure de baryum, cet animal a succombé rapidement. Cette mort s'explique facilement par les effets toxiques du baryum qui, d'après les expériences de M. Onsum, a dû agir sur le système nerveux.

Carbonate de baryum. — J'ai déjà dit que la withérite était

employée en Angleterre comme mort aux rats. Pelletier a fait mourir des chiens de petite taille en leur administrant 8 décigrammes de carbonate naturel, et n'a pu y parvenir avec du carbonate artificiel; ce qui pourait faire supposer que, dans le carbonate naturel, il se trouve quelque combinaison arsenicale, ce minéral accompagnant les mines de pyrite de cuivre, de sulfate de plomb, de zinc, qui souvent contiennent des arséniures ou des sulfures d'arsenic (Barruel, *Chimie technique*).

49[e] *Expérience*. — Je la fais en ce moment, en mêlant à la nourriture d'un rat du carbonate artificiel pur, que j'ai préparé moi-même. Je la rapporterai dans les notes et additions.

2° *Strontium* (Sr).

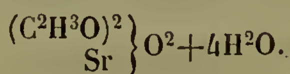
Poids atomique.. 87,5 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. 2,25

Le strontium est un métal d'un beau jaune de laiton, lorsqu'il est pur, mais il devient rouge à l'air par suite d'une oxydation superficielle. Ses composés naturels sont le carbonate, appelé encore *strontianite*, du nom du cap Strontian, en Écosse, où il a été trouvé d'abord; puis le sulfate, désigné en minéralogie sous le nom de *célestine*. Le sulfate se rencontre surtout dans les marnes vertes situées au-dessus du gypse : j'ai pu en recueillir plusieurs fois des échantillons dans des excursions géologiques faites aux environs de Paris, sous l'habile direction de mon maître M. Hébert, professeur à la Faculté des sciences. Le carbonate, outre ses gisements naturels, se rencontre, en faible quantité, dans les eaux de quelques sources.

Effets du strontium. — J'ai cherché dans la littérature

scientifique les faits qui pouvaient se rapporter à mon sujet. Je n'ai rien trouvé encore, de sorte que je crois être le premier qui ait expérimenté sur ce métal.

50e *Expérience. — Acétate de strontium.* — Cet acétate cristallise, comme le sel de baryum, sous deux formes différentes et avec des quantités d'eau variables. Si la cristallisation s'est effectuée à 15 degrés, il se présente sous la forme d'aiguilles et paraît renfermer 1/2 molécule d'eau ; si le sel s'est déposé à une basse température, il est cristallisé en prismes rhomboïdaux obliques qui en contiennent 4 molécules. Sa formule est alors :



$$\left.\begin{matrix}(C^2H^3O)^2\\ Sr\end{matrix}\right\}O^2+4H^2O.$$

3^{gr},17 de cet acétate renferment 1 gramme de métal.

Le 18 avril, je mets deux grenouilles dans une solution de 15^{gr},8 de ce sel, pour 1000 grammes d'eau. Ces 15^{gr},5 correspondent à 5 grammes de métal. Les deux grenouilles vivent encore aujourd'hui 6 mai, de sorte qu'il faut croire que le strontium n'est pas un métal bien dangereux, et qu'il est à coup sûr moins actif que le baryum dont le poids atomique est beaucoup plus fort.

Suite de l'expérience 32. — On a vu, page 43, que j'ai fait avaler à un lapin 2 grammes de fluorure de baryum et que cet animal m'a paru devoir se rétablir complétement après avoir été souffrant le lendemain de l'expérience, qui avait été faite le 26 avril. Il n'en a pas été ainsi ; la diarrhée qu'il a eue a persisté, et il est mort le 5 mai.

A l'autopsie, les poumons sont à peu près normaux, légè-

rement congestionnés, le cerveau est intact. Les reins sont un peu anémiés, la vessie est pleine, l'urine ne renferme aucune trace d'albumine, ce qui s'accorde avec l'absence d'altération dans les tubuli.

L'estomac ne présente rien de particulier, il contient des aliments; l'intestin grêle est rempli d'un liquide jaunâtre et plutôt verdâtre, qui, examiné au microscope, présente une quantité prodigieuse de cellules et de noyaux d'épithélium.

3° *Calcium* (Ca).

Poids atomique. . 40 — Chaleur spécifique. . » — Densité. . 1,6

Le calcium a été découvert par Davy, qui l'a obtenu en décomposant la chaux par la pile. Ce métal est d'un jaune laiton comme le strontium; il se conserve assez bien dans l'air sec, mais dans l'air humide il se transforme rapidement en chaux éteinte.

Le calcium est un des corps les plus répandus dans la nature; on peut juger de sa profusion en se rappelant que les calcaires composent presque exclusivement, avec la silice et l'alumine, toute la masse des terrains sédimentaires. On le trouve également, mais suivant une progression décroissante, à l'état de sulfate ou gypse, de phosphate, de fluorure, etc. Les os, les osselets de sèches, le test des mollusques et des crustacés, les coquilles d'œufs, etc., sont formés de phosphate et de carbonate de calcium. Voici comment le phosphate pénètre dans notre organisme. Les terrains sédimentaires renferment les débris des coquilles ayant appartenu aux mollusques qui vivaient dans les mers au fond desquelles ces terrains se sont déposés. Or tous les phosphates, excepté celui

de bismuth, étant solubles dans les acides, le phosphate calcaire se dissout grâce à l'anhydride carbonique du sol et de l'eau. Il passe ainsi dans les végétaux et se fixe principalement dans les graines et dans les fruits. Les végétaux le fournissent aux herbivores, et ceux-ci aux carnivores, par leur chair, mais surtout par leurs os qu'ils recherchent avec avidité.

Le calcium, par son poids atomique faible et par sa profusion dans la nature, vient confirmer la loi et la remarque que j'ai déjà citées plusieurs fois. Aussi peut-on employer en médecine ses composés à des doses assez élevées : tel est le chlorure qu'on administre à la dose de 20 centigrammes à 4 grammes, tels seraient encore le bromure et l'iodure. C'est d'ailleurs après s'être transformé en chlorure, sous l'influence du suc gastrique, que le carbonate de calcium pénètre dans le sang. Je suis persuadé qu'une fois arrivé dans le torrent sanguin, ce chlorure se décompose à son tour, en donnant naissance à du bicarbonate qui est également soluble.

51[e] *Expérience.* — Je mis, le 27 mars, deux grenouilles dans une solution d'acétate de calcium contenant 5 grammes de métal pour 1000 grammes d'eau, l'une mourut au bout de trois jours, sans doute d'une manière accidentelle (voy. p. 64), l'autre vivait encore le 9 avril. Je crus que la vie se prolongerait indéfiniment, et je mis fin à mon expérience pour en faire d'autres sur les acétates de baryum et de strontium.

4° *Magnésium* (Mg).

Poids atomique... 24 — Chaleur spécifique... » — Densité... 1,74

M. Bussy a isolé le magnésium par un procédé semblable

à celui qu'avait employé M. Wöhler pour obtenir l'aluminium, c'est-à-dire en décomposant le chlorure de magnésium par le potassium. On suit actuellement un procédé plus avantageux, celui de MM. Sainte-Claire Deville et Caron.

Le magnésium est un métal d'un blanc d'argent, malléable, fusible à une température peu élevée, et qu'on peut distiller comme le zinc. Il brûle dans l'air avec un éclat éblouissant, de là l'emploi de la lampe au magnésium.

État naturel. — Je parlerai d'autant plus volontiers de la diffusion du magnésium dans la nature que ce corps m'offre une preuve de la loi générale d'après laquelle les métaux les plus répandus sont les moins vénéneux. Il en est en effet de ce métal comme du sodium et du calcium; on le trouve presque partout dans le sol, ainsi que dans les animaux et dans les végétaux.

Ses combinaisons naturelles les plus importantes sont :

1° La *dolomie* ou calcaire magnésien, carbonate double de calcium et de magnésium.

2° Le carbonate de magnésium désigné en minéralogie sous le nom de *giobertite.*

3° Le sulfate de magnésium, ou sel de Glauber, qui se rencontre dans presque toutes les eaux minérales; celles qui en renferment le plus sont les eaux d'Epsom, en Angleterre, et de Sedlitz, en Bohême.

Les sources qui renferment ce sel se rencontrent surtout dans l'étage supérieur des terrains triasiques, c'est-à-dire dans les marnes irisées. En effet, ces terrains se sont formés comme au fond de vastes marais salants, et le sulfate de magnésium, étant très-soluble, s'est déposé le dernier.

4° Le chlorure, le bromure et l'iodure de magnésium qui se trouvent dans l'eau de mer et dans un grand nombre d'eaux minérales.

5° Enfin je citerai : le silicate de magnésium hydraté $MgSiO^4+2H^2O$, qui présente différentes variétés, telles que la *stéatite*, la *magnésite* ou *écume de mer* si appréciée des fumeurs, le *péridot*, la *serpentine*, l'*amphibole*, le *pyroxène*, qui sont des silicates de magnésium seul ou associé au calcium.

Le magnésium se rencontre également dans les végétaux; il s'y trouve à l'état de phosphate, et ce sont les graines qui en renferment le plus. Il en est donc de ce sel comme du phosphate de calcium. Des végétaux il passe dans les animaux herbivores, et ceux-ci le fournissent, par leurs os, aux carnivores.

L'action physiologique des sels de magnésium est trop connue pour que j'en parle. Mon but est de prouver que ce métal, dont le poids atomique est si faible, est tout aussi inoffensif que le sodium.

M. Grandeau ayant fait des injections de chlorure de sodium, de potassium et de rubidium, j'ai pensé qu'il serait préférable d'injecter dans le sang du chlorure de magnésium au lieu de l'acétate, afin de pouvoir mieux comparer les effets de ce métal avec ceux des précédents. D'un autre côté, j'ai expérimenté d'autant plus volontiers sur le chlorure de magnésium, que les préparations insolubles de ce métal, usitées en médecine, sont transformées en chlorure par l'acide chlorhydrique du suc gastrique. C'est le seul mode d'absorption possible pour la magnésie calcinée et la magnésie blanche. En effet, on ne peut admettre que la magnésie calcinée puisse pénétrer en nature dans les veines, puisqu'il faut 3600 parties

d'eau pour en dissoudre une partie; il en est de même de la magnésie blanche, qui n'est soluble que dans 9000 parties d'eau bouillante et dans 2500 parties d'eau froide, et se range ainsi parmi les corps moins solubles à chaud qu'à froid.

52e *Expérience.* — *Chlorure de magnésium.* — Ce sel cristallise en beaux prismes terminés par des pyramides, il est incolore, transparent et légèrement déliquescent. Sa formule est $MgCl^2+6H^2O$. — 8gr,5 de ce chlorure renferment 1 gramme de métal.

Une solution de 3gr,5 de chlorure de magnésium pour 25 grammes d'eau distillée est injectée dans la veine jugulaire d'une chienne de belle taille. L'injection a duré une demi-minute. Aussitôt qu'elle est détachée, la chienne court dans le laboratoire; elle ne paraît nullement souffrir, si ce n'est de la blessure qui lui a été faite. L'opération avait été pratiquée à cinq heures et demie ; à sept heures, l'animal mangea de la viande avec avidité.

Cette expérience prouve péremptoirement que le chlorure de magnésium n'est pas toxique. Je rappellerai à ce sujet l'expérience de M. Grandeau, dans laquelle 1 gramme de chlorure de potassium, dissous dans 15 grammes d'eau, détermina la mort chez un chien. Ce fait corrobore ma loi, puisque le poids atomique du potassium est 39, tandis que celui du magnésium n'est que 24.

D'un autre côté, d'après les expériences de M. Bouchardat (*Ann. de thérap.*, 1846), les sulfates de sodium et de magnésium se rapprochent singulièrement par rapport à leur action. Des poissons ont pu vivre plus de quarante-huit heures dans une solution contenant 1/20 de l'un ou l'autre de ces sels. Or

le poids atomique du magnésium ne diffère que de 1 du poids atomique du sodium.

Elimination du magnésium. — Expériences de MM. Guleke, Buchheim et Wagner. — Ce métal s'élimine avec facilité par les reins et par le canal intestinal. C'est ce qui résulte des recherches de M. Guleke en ce qui concerne la magnésie, et de celles de MM. Buchheim et Wagner en ce qui concerne le sulfate de magnésium.

M. Guleke, dans une dissertation inaugurale (*De vi magnesiæ ustæ alvum purgante*, *Dorpati*, 1854), a fait connaître les résultats auxquels il est arrivé en expérimentant sur la magnésie. Lorsque cet oxyde est pris à doses faibles, il ne purge pas et passe dans l'urine ; mais lorsqu'il est pris à doses élevées et qu'il produit des effets purgatifs, il s'élimine presque en totalité par le canal intestinal.

De leur côté, MM. Buchheim et Wagner (*Ueber die Wirkung des Glaubersalzes; Archiv für physiol. Heilk.*, Heft 1, S. 94, etc.) ont fait sur eux-mêmes des expériences, desquelles il résulte que le sulfate de magnésium est éliminé par les reins en quantité d'autant plus grande que le sel est pris en plus faible quantité, ou, en d'autres termes, que le sel produit moins d'effets purgatifs. Ainsi à la dose de 32 grammes, alors que la purgation est rapide, les reins n'éliminent que le quart du sel ingéré. A la dose de 15 à 20 grammes, ils en éliminent le tiers, c'est-à-dire 5, 6 à 7 grammes. Enfin à la dose de 10 grammes, ces expérimentateurs ont éprouvé des borborygmes assez violents et un besoin de garderobes ; mais en faisant quelques efforts, ces borborygmes ont diminué au bout de trois heures et ont disparu complétement au bout de sept heures ; l'analyse de l'urine y a fait retrouver

7 à 8 grammes de sulfate de magnésium. Ils ont alors pensé qu'en employant l'opium l'élimination du sel par les reins serait encore plus considérable; et en effet, après avoir pris dans ces conditions 20 grammes de sel de Glauber, ils en retrouvèrent dans l'urine jusqu'à 16 et 17 grammes.

Résumé. — On voit que l'énergie physiologique des métaux qui composent ce groupe suit une progression décroissante, comme leurs poids atomiques. Le plus actif est le baryum qui est toxique au plus haut degré; viennent ensuite, suivant l'ordre d'activité, le strontium, le calcium, et enfin le magnésium qui n'est nullement toxique.

IIe GROUPE. — CERIUM, LANTHANE, DIDYME.

Poids atomiques : 92 — 92,8 — 96
Chaleur spécifique et densité inconnues.

En 1809, Berzelius et Hisinger découvrirent le cérium dans la *cérite* (silicate de cérium); trente ans plus tard, Mosander reconnut, dans le même minéral, la présence de deux autres métaux qu'il appela lanthane et didyme. Ces deux métaux ont les plus grandes analogies avec le cérium; ils se présentent, comme lui, sous la forme d'une poudre grise, réfractaire, et acquérant un certain brillant par le frottement. Ils lui sont toujours associés, non-seulement dans la cérite, mais encore dans l'*yttrocérite* et dans quelques autres minéraux; enfin ils se préparent de la même manière, par la réduction de leurs chlorures à l'aide du potassium. Les sels de ces trois métaux se ressemblent assez pour que les réactifs ordinaires ne suffisent pas à les différencier.

Propriétés physiologiques et thérapeutiques du cérium. —

Le professeur Simpson (d'Édimbourg) est le premier qui ait employé le cérium en thérapeutique (1). Il a expérimenté sur l'oxalate à la dose de 5 à 15 centigrammes par jour, mais il est possible que le sel contînt du lanthane et du didyme, car la préparation des sels purs de cérium est difficile. M. Simpson considère le cérium comme un remède sédatif et tonique (*nervino-tonicum*), qui agirait à la manière du bismuth et de l'argent dans le dyspepsie, la gastrodynie, la pyrosis, les vomissements et les diarrhées chroniques. Ainsi il a obtenu avec l'oxalate de cérium des résultats satisfaisants, dans une *irritable dyspepsie*, ainsi que dans les vomissements incoercibles de la grossesse.

L'emploi thérapeutique de l'oxalate de cérium a été essayé aussi par le docteur Ch. Lee (*Amer. Journ. Memorab.* vi, 10 oct. 1861). Ce médecin, l'ayant donné à la dose de 5 à 10 centigrammes par jour, en a obtenu les meilleurs résultats contre les vomissements dans les grossesses avancées, c'est-à-dire dans celles qui datent de quatre mois au moins. En effet, pendant les premiers mois de la grossesse, la créosote et l'acide prussique suffisent presque toujours, et mieux encore de faibles doses d'acide sulfurique étendu d'eau et additionné de brome. Plus tard le docteur Lee a aussi employé ce remède contre les vomissements dans la phthisie, la pyrosis, contre les vomissements hystériques et la dyspepsie atonique. Il n'a obtenu aucun résultat dans la gastrite aiguë ou subaiguë.

Enfin le docteur Ramskill dit avoir obtenu de bons effets de l'oxalate de cérium dans les cas d'épilepsie, où les phénomènes prémonitoires se manifestaient par des troubles de

(1) *Note on the therapeutic action of the salts of cerium* (*Monthly Journal of med. science*, décembre 1854).

l'estomac ou du duodénum et par une anxiété épigastrique, tandis que les effets ont été nuls lorsque ces phénomènes se rapportaient à la tête ou au cœur, comme le vertige, les palpitations.

Je me propose d'instituer bientôt des expériences en employant l'acétate, le chlorure ou le sulfate de ce métal. Le cérium, ayant un poids atomique assez élevé, doit être quelque peu toxique. Enfin, si ma loi est vraie, le didyme doit être le plus actif de ces trois métaux et le lanthane sera intermédiaire aux deux autres.

III[e] GROUPE. — YTTRIUM, ERBIUM, TERBIUM.

Ces trois métaux forment un groupe tellement naturel que leurs oxydes ont été longtemps confondus. En effet, on a donné d'abord le nom d'yttria à une base complexe, dans laquelle Mosander en découvrit deux autres : l'erbine et la terbine. Les sels de ces métaux présentent des réactions analogues ; ils se rapprochent de ceux du premier et du deuxième groupe en ce qu'ils ne sont pas précipités par l'hydrogène sulfuré, et de ceux du groupe suivant, en ce qu'ils sont précipités par le sulfure d'ammonium.

1° *Yttrium* (Y).

Poids atomique... 64,3 — Chaleur spécifique... » — Densité.. »

L'yttrium se présente sous l'aspect d'une poudre noire ; c'est le seul de ce groupe qui soit connu à l'état pur. Il ne s'oxyde pas à l'air à la température ordinaire, mais à une température élevée il brûle avec une vive incandescence.

L'oxyde d'yttrium est d'un blanc de lait, le sulfate est inco-

lore et cristallise en petits prismes, l'azotate est blanc et cristallisable; le chlorure est déliquescent et ne paraît pas volatil.

L'yttrium est très-peu répandu dans la nature. On le rencontre uni à l'erbium et au terbium dans quelques minéraux, tels que la thorite, l'yttrotantalite, yttrocérite, la gadolinite.

Les propriétés physiologiques de ce métal sont complétement inconnues.

2° *Erbium et terbium.*

L'erbium, E, n'est pas connu à l'état pur. Son oxyde, l'erbine, est jaunâtre; elle serait probablement blanche, si elle n'était pas mélangée avec de la terbine. Ses dissolutions se comportent comme celles d'yttria (Mosander).

Le terbium, Te, n'est pas connu à l'état métallique. Son oxyde est d'un jaune foncé.

IVe GROUPE. — ZINC, CADMIUM, INDIUM.

Les métaux qui composent ce groupe se trouvent associés dans la nature et présentent entre eux les plus grandes analogies, non-seulement au point de vue chimique, mais encore au point de vue thérapeutique. Les anciens médecins, lorsqu'ils prescrivaient la *tuthie* ou *cadmie des fourneaux*, ne se doutaient guère que ce remède contenait du cadmium et parfois de l'indium.

1° *Zinc* (Zn).

Poids atomique.. 65,02 — Chaleur spécifique.. 0,09555 — Densité.. 7

Le zinc se rencontre à l'état de sulfure, de carbonate et parfois à l'état de silicate. Il était connu des anciens qui em-

ployaient la calamine à la fabrication du laiton, mais Paracelse est le premier qui l'ait décrit comme un métal particulier.

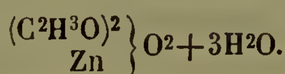
Je ne dirai rien de ses propriétés chimiques, vu qu'elles sont décrites partout avec détail.

Propriétés physiologiques et thérapeutiques. — L'emploi du zinc dans les arts, et même dans la confection de certains ustensiles de ménage, prouve suffisamment que ce métal est loin d'être toxique comme le cuivre et le plomb. On peut le prescrire à des doses assez fortes : ainsi M. Herpin, après avoir essayé d'abord l'oxyde de zinc contre l'épilepsie, emploie actuellement le lactate, qu'il donne au début à la dose de 3 grammes par semaine, pour s'élever ensuite à 15 grammes et au delà. Le chlorure, si remarquable par ses propriétés caustiques, peut également s'administrer à l'intérieur, pourvu que ses solutions soient diluées. Le docteur Flögel (*Oester. Wochenschrift*, n° 14, 1844), ayant combattu en vain par les préparations iodées un ulcère syphilitique de la gorge, a employé avec succès le chlorure de zinc, en faisant prendre à son malade, toutes les trois heures, une cuillerée à bouche d'une solution de 20 centigrammes de ce sel dans 120 grammes d'eau. Le sulfate, qui est presque exclusivement réservé pour l'usage externe, peut être très-utile dans certains cas d'empoisonnement, lorsqu'on veut obtenir un vomissement immédiat. On le prescrit alors à la dose de 50 centigrammes à 1 gramme pris en une fois. M. Babington est allé plus loin encore : chez un de ses malades épileptiques, il a pu élever progressivement la dose du sulfate jusqu'à 2 grammes et même 2^{gr},30, pris en trois fois par jour, sans produire les vomissements; mais au delà de cette dose,

le malade avait perdu de l'appétit et éprouvait des maux de cœur. Enfin le docteur Barlow (*Med. Times*, nov. 1853) a fait à l'hôpital de Guy une série d'essais thérapeutiques avec l'iodure de zinc pour combattre la chorée, la scrofule et quelques formes d'hystérie. Il a administré ce sel aux doses habituelles de l'iodure de fer. L'iodure de zinc n'a pas mieux réussi que le sulfate contre la chorée, mais il s'est montré très-efficace dans un cas de lupus scrofuleux extrêmement rebelle.

Maintenant qu'il est prouvé que les sels de zinc sont relativement peu dangereux, je devais comparer leurs effets à ceux que produisent les sels de cadmium. Je n'ai fait jusqu'ici que deux expériences, mais, pour leur attribuer une véritable valeur actuelle, il faudrait que j'eusse fait des essais tout à fait semblables avec des sels de cadmium.

Acétate de zinc. — Cet acétate a pour formule



$$\left.\begin{matrix}(C^2H^3O)^2\\ Zn\end{matrix}\right\}O^2+3H^2O.$$

Il cristallise en lames nacrées qui s'effleurissent à l'air. Les cristaux appartiennent au système monoclinique; ils ont la forme de tables par suite de la prédominance de deux faces opposées. 3^{gr},65 de ce sel renferment 1 gramme de métal.

53e *Expérience.* — Deux grenouilles sont mises dans une solution contenant 18^{gr},25 d'acétate de zinc, soit 5 grammes de métal pour 1000 grammes d'eau. Elles vivent toutes les deux environ cinquante heures.

On verra, à l'article suivant, que 35 centigrammes d'acétate de cadmium, correspondant à 14 centigrammes de ce métal, ont fait mourir un chien à qui j'avais injecté ce sel

dans la trachée. Je me proposais de soumettre un autre chien à une épreuve analogue, en employant l'acétate de zinc, mais je me décidai plus tard à expérimenter sur un chat.

54e *Expérience.* — 50 centigrammes d'acétate de zinc, dissous dans 20 grammes d'eau, et renfermant environ 14 centigrammes de métal, sont injectés dans la trachée, chez un chat à jeun depuis vingt-trois heures. L'animal paraît beaucoup souffrir peu de temps après l'injection; il éprouve de temps en temps de violents efforts de vomissement. Les battements cardiaques me paraissent plus forts, mais ils sont ralentis ainsi que les mouvements respiratoires; bientôt, à la suite de quelques efforts de vomissement plus énergiques que les précédents, la respiration se ralentit davantage, l'animal fait de profondes inspirations et meurt, sans éprouver de convulsions, vingt-cinq minutes après le début de l'expérience.

A l'autopsie, je ne trouve rien de particulier si ce n'est que les poumons sont ecchymosés en certains points. Ni la muqueuse trachéale, ni la muqueuse bronchique, ne paraissent avoir rien éprouvé de l'action locale de l'acétate de zinc.

Cette expérience, si on la compare à celle que j'ai faite avec l'acétate de cadmium, semblerait prouver que le zinc est aussi actif que le cadmium. Il n'en est rien; elle prouve simplement que la dose employée suffit pour tuer un chat. Il me reste donc à expérimenter sur un chien.

Recherches de Michaelis (*Die physiologischen Wirkungen des Zinkoxyds. — Arch. für physiol. Heilkunde*, 1850. 1 Heft). — L'auteur, après avoir fait des expériences sur des lapins, des chats, des chiens et sur l'homme, est arrivé aux conclusions suivantes :

L'oxyde de zinc est transformé en un sel soluble par l'acide libre de l'estomac. L'albuminate qui peut se former alors est de nouveau dissous par cet acide.

Il faut éviter d'associer l'oxyde de zinc à la magnésie, parce que cette base s'empare d'abord de l'acide libre du suc gastrique et, par conséquent, rend difficile l'absorption du premier oxyde.

Cette absorption a toujours lieu par les veines.

Bien que les fleurs de zinc se dissolvent dans l'estomac, il faut les considérer comme une mauvaise préparation, et leur préférer l'acétate ou le lactate qui sont directement solubles.

Les altérations locales produites par le zinc siégent uniquement dans l'appareil chylopoétique et dans l'appareil respiratoire.

Les premières consistent en une cautérisation, une inflammation et une exulcération de la muqueuse stomacale; les secondes consistent en des granulations semblables aux tubercules miliaires, et siégeant toujours à la base des poumons, jamais au sommet. On trouve des traces de zinc dans ces granulations, mais ce métal se rencontre également dans la plupart des glandes et des parenchymes glandulaires, dans le cœur et dans le cerveau.

Les premiers effets du zinc sur le sang se manifestent par une augmentation de pression, par une accélération et une impulsion plus forte des battements cardiaques. A ces symptômes succèdent des vomissements violents et continus, qui disparaissent ensuite lorsque la médication est prolongée; mais il se produit alors dans la nutrition un trouble profond caractérisé par l'anémie et le marasme. Les parties solides du sang, et surtout la fibrine, ont diminué d'une manière notable. Les convulsions, qu'on observe parfois, ne

sont pas produites par une action directe que le métal exercerait sur les nerfs, mais elles sont consécutives au trouble de la nutrition.

L'élimination du zinc n'est pas rapide; jamais Michaelis n'a réussi à trouver ce métal dans l'urine immédiatement après l'emploi des premières doses. Ce n'est que l'urine du cinquième jour qui commence à en contenir. Il apparaît plus rapidement dans la bile; en effet, il a été retrouvé dans ce liquide en quantités sensibles, vingt-quatre heures après l'injection d'un sel de zinc dans la veine crurale.

Telles sont les conclusions de Michaelis. Je ferai remarquer que d'après Leewald (*Untersuchungen über den Uebergang von Arzeneimitteln in die Milch;* Breslau, 1857), le zinc passerait rapidement dans le lait. Suivant cet auteur, l'oxyde de ce métal, pris à la dose de 1 gramme, se retrouve dans le lait après quatre à dix-huit heures, et disparaît comme le fer après cinquante-huit à soixante heures.

2° *Cadmium* (Cd).

Poids atomique.. 112 — Chaleur spécifique.. 0,05669 — Densité.. 8,7

Le cadmium, signalé d'abord par Stromeyer, en 1817, a été décrit pour la première fois en 1818, par Hermann, qui le rencontra dans un oxyde de zinc de Silésie. Ce métal existe dans les poussières blanches (*tuthies* ou *cadmies*), que l'on trouve à la partie supérieure des hauts fourneaux, où l'on emploie des minerais de zinc cadmifères. On l'obtient facilement en traitant la tuthie par le charbon : le cadmium plus volatil que le zinc distille le premier.

Ce métal est d'un blanc légèrement bleuâtre, ductile, mou et très-malléable; il fond facilement et cristallise en

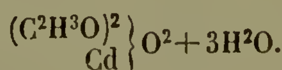
octaèdres. Les propriétés de ses combinaisons sont analogues à celles du zinc, dont il diffère surtout par son sulfure qui est d'un beau jaune comme le sulfure d'indium.

Le sulfate de cadmium s'emploie aux mêmes usages et aux mêmes doses que le sulfate de zinc, seulement il est beaucoup plus actif. (Bouchardat, Trousseau et Pidoux, *Thérapeutique.*)

Je n'ai fait qu'une seule expérience avec le cadmium, mais elle est concluante; elle démontre l'énergie physiologique de ce métal, dont le poids atomique est presque le double de celui du zinc. Avant de la rapporter, je crois devoir dire quelques mots sur le sel que j'ai employé.

Acétate de cadmium. — Suivant Stromeyer, il forme des prismes fort solubles dans l'eau; selon John et Meissner, il serait incristallisable (Gerhardt).

Devant ces assertions contradictoires, j'ai préparé moi-même le sel dont j'avais besoin, en traitant par l'acide acétique du carbonate de cadmium pur que j'avais obtenu auparavant. Ayant placé ensuite une solution concentrée de l'acétate dans une atmosphère desséchée par la chaux vive, ce sel a cristallisé facilement. J'ai reconnu que ces cristaux étaient des prismes droits, à base rectangle, et qu'ils contenaient trois molécules d'eau. En effet, 2 grammes m'ont donné 0gr,9015 d'oxyde; or, en admettant la formule



$$\left.\begin{matrix}(C^2H^3O)^2\\ Cd\end{matrix}\right\} O^2 + 3H^2O.$$

le calcul indique pour CdO un poids de 0gr,9014.

55e *Expérience.* — Le 28 avril, 35 centigrammes d'acétate de cadmium, contenant 14 centigrammes de métal, et

dissous dans 20 grammes d'eau, sont injectés, à trois heures, dans la trachée d'un chien de taille moyenne et à jeun depuis vingt-deux heures. L'injection est faite en trois temps séparés par un intervalle d'une minute.

Cinq minutes après l'opération l'animal se plaint; à trois heures un quart la respiration et la circulation sont considérablement ralenties; il éprouve de violents efforts de vomissement, et finit par rejeter des matières blanches, spumeuses et légèrement jaunâtres. Bientôt les phénomènes morbides qui semblaient ne se passer que du côté de l'estomac se portent sur l'intestin. Ainsi, à trois heures et demie, il a une selle fluide ; puis à quatre heures moins un quart, il rend des matières glaireuses, jaunâtres et un peu sanguinolentes. Il se plaint sans cesse, il ne trouve de repos nulle part, son abdomen se contracte comme s'il éprouvait des coliques violentes.

La circulation et la respiration se ralentissent encore ; à quatre heures un quart, il n'a plus que quatorze respirations par minute. Il éprouve du tremblement, sa température me semble abaissée.

A cinq heures je le laissai en cet état, mais à sept heures, en revenant le voir au laboratoire, je trouvai qu'il avait 120 pulsations et 25 respirations par minute; les phénomènes de réaction semblaient commencer; néanmoins il avait le nez et les oreilles fraîches. Il refusa de boire du lait et de manger.

Le lendemain je le trouvai mort. Il était encore tiède, d'où je conclus qu'il avait dû mourir vers six ou sept heures du matin. Sa cabane contenait des déjections glaireuses et sanguinolentes.

Autopsie. — Elle est faite à midi. Rigidité cadavérique.

Les poumons présentent des ecchymoses nombreuses siégeant surtout vers la base. La muqueuse stomacale est rouge et injectée dans la région de la grande courbure ; il en est de même de la muqueuse intestinale qui est ecchymosée dans presque toute son étendue jusqu'au gros intestin. L'intestin grêle contient des mucosités sanguinolentes qui, examinées au microscope, présentent une grande quantité de cellules et de noyaux d'épithélium. La vessie est pleine; l'urine est recueillie ainsi que la bile pour être examinées plus tard. Le cerveau ne présente pas d'altérations, mais on trouve quelques hémorrhagies dans la pulpe de la moelle épinière.

L'urine ayant été traitée par la chaleur, s'est prise en une masse presque solide, par suite de la grande quantité d'albumine qu'elle contenait. Malheureusement les reins n'avaient pas été examinés au microscope ; on y aurait trouvé probablement une desquamation considérable de l'épithélium des tubuli.

Je n'ai pu trouver du cadmium ni dans l'urine, ni dans la bile ; il aurait fallu pour cela que la vie eût persisté plus longtemps, s'il en est des sels de cadmium comme des sels de zinc qui, d'après les expériences de Michaelis, passent lentement dans la bile et surtout dans l'urine.

3° *Indium* (In).

Poids atomique.. 74,8 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. »

Ce métal a été découvert, en 1864, à l'aide de l'analyse spectrale. Il est blanc et ressemble au platine. On l'a appelé *indium* parce que, des deux raies que contient son spectre, l'une est intense et couleur indigo, tandis que l'autre plus faible se trouve dans la région du violet.

L'indium se rencontre spécialement dans les blendes de

Freiberg : 100 kilogrammes de ce minerai contiennent 25 à 40 grammes du nouveau métal. Lorsqu'on traite les blendes, l'indium passe avec le zinc dont il est facile de le séparer ainsi que du cadmium, en se fondant sur ce que son oxyde est insoluble dans l'ammoniaque.

Le sulfure d'indium est d'une belle couleur jaune comme le sulfure de cadmium ; son chlorure est déliquescent. (Voy. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 22 avril 1867.)

Les propriétés physiologiques de l'indium sont probablement les mêmes que celles du zinc et du cadmium. Cette opinion que j'émets est fondée sur l'analogie qui existe entre ces trois métaux considérés au point de vue chimique.

Ve GROUPE. — CUIVRE, MERCURE.

1° *Cuivre* (Cu).

Poids atomique.. 63 — Chaleur spécifique.. 0,09555 — Densité.. 8,85

Le cuivre se rencontre dans la nature parfois à l'état natif, mais le plus souvent à l'état de sulfure simple ou de sulfure double de cuivre et de fer.

Ce métal a été trouvé en quantités très-minimes, dans l'organisme sain, par Devergie, Lefortier, Orfila, Dechamps et Millon. C'est seulement dans le foie ou dans la bile qu'il est possible d'en déceler la présence chez l'homme et chez les animaux supérieurs, je dirai même chez tous les vertébrés terrestres. Mais d'après les recherches de Harless (*Müller's Arch.*, 1847, p. 148-157), on peut trouver ce métal dans le sang de divers animaux inférieurs, tels que les céphalopodes, les mollusques acéphales, les ascidies.

S'il est vrai que le cuivre soit un élément constitutif normal

du pigment sanguin de divers animaux inférieurs, il est certain aussi que la présence de ce métal dans l'organisme des animaux supérieurs n'est qu'accidentelle. Il faut donc considérer comme mauvaise cette expression de *cuivre normal*. On sait que le foie est l'organe où vont se localiser les substances délétères, telles que l'arsenic, l'antimoine, le bismuth, pour s'éliminer ensuite par la bile. Le cuivre se comporte de la même manière. On s'explique facilement son introduction dans l'organisme, en se rappelant que plusieurs eaux minérales peuvent contenir du cuivre, ainsi que plusieurs plantes, le blé par exemple.

Je ne parlerai pas des effets délétères que produit le cuivre ; ils sont en effet trop connus. D'un autre côté, je n'ai fait qu'une seule expérience bien incomplète ; elle prouve néanmoins que le cuivre agit d'une manière moins prompte que le mercure sur les êtres vivants, ce que l'on savait déjà.

56e *Expérience.* — Je mets deux grenouilles dans une solution contenant 15gr,8 d'acétate de cuivre pour 1000 grammes d'eau. Ces 15 grammes de sel contiennent 5 grammes de métal. Les grenouilles vivent encore trois heures après qu'elles sont plongées dans cette solution. Je n'ai pu les revoir que le lendemain matin, mais elles étaient mortes. — Ayant examiné au microscope le sang contenu dans le cœur, je n'ai jamais vu d'une manière si nette les noyaux sanguins.

2° *Mercure* (Hg).

Poids atomique.. 200 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. 13,59

Ce métal se trouve dans la nature à l'état natif, mais surtout en combinaison avec le soufre. On l'exploite en Europe

à Almaden, en Espagne, à Ydria ; en Styrie, et dans le duché des Deux-Ponts ; mais c'est en Amérique, dans la Californie, qu'il est le plus répandu, comme si la nature avait voulu placer à côté de l'or le métal qui sert à l'extraire. Le sulfure de mercure ou *cinnabre*, appelé encore *vermillon*, est connu de toute antiquité : les dames romaines s'en servaient comme cosmétique, à cause de sa belle couleur rouge.

Si je voulais passer en revue tous les travaux publiés sur les effets physiologiques et thérapeutiques du mercure, comme je l'ai fait pour certains métaux peu étudiés jusqu'ici, je sortirais complétement du cadre que je me suis tracé. D'ailleurs mon but principal est de comparer l'énergie physiologique des divers métaux, de chercher par exemple si le plomb, dont le poids atomique est 207, est plus ou moins toxique que le mercure, dont le poids atomique est un peu moindre.

Je discuterai cette question au sujet du plomb.

Je me contenterai donc de faire remarquer, ce qui est déjà bien connu, savoir que le mercure est beaucoup plus toxique que le cuivre. « Tous les faits connus tendent à faire considérer les sels de cuivre solubles comme des poisons généraux, moins énergiques que les sels solubles de mercure et d'argent ; mais comme eux, à dose suffisante, ils n'épargnent aucun être organisé vivant. » (Bouchardat, *Annuaire de thérapeutique*, 1846.)

Acétates de mercure. — Il existe un acétate mercureux et un acétate mercurique. Le premier est très-peu soluble ; il exige, pour se dissoudre, 333 parties d'eau froide. On l'a administré comme antisyphilitique à la dose de 1 à 10 centigrammes. L'acétate mercurique est beaucoup plus soluble.

On l'obtient facilement en traitant le bioxyde de mercure par l'acide acétique ; il se dépose, par le refroidissement, en lames nacrées et anhydres. 1gr,59 de ce sel renferment 1 gramme de métal.

57e *Expérience.* — Deux grenouilles sont mises dans une solution de 7gr,95 d'acétate mercurique pour 1000 grammes d'eau. Elles exécutent aussitôt des mouvements vifs, elles se frottent les yeux. Ce sel les cautérisait ; en effet, leurs cornées blanchissent. Trois quarts d'heure après, elles semblent être sur le point de mourir, pourtant elles exécutent parfois des mouvements rapides. J'en retire une cinquante-cinq minutes après son immersion dans l'acétate ; elle agite encore ses pattes de temps en temps, mais lorsque je les pique je ne détermine aucun mouvement. Je l'ouvre, son cœur bat encore, mais ses mouvements se ralentissent et disparaissent complétement au bout de dix minutes. Cet organe est volumineux, les oreillettes sont pleines de sang, les poumons sont violacés et congestionnés ; la langue est blanche et comme cautérisée. — L'autre grenouille meurt également une heure après qu'elle a été plongée dans la solution mercurielle.

On voit que, de tous les acétates métalliques que j'ai fait agir sur les grenouilles, c'est l'acétate de mercure qui les a fait mourir le plus vite.

Comparaison des métaux biatomiques au point de vue de leur énergie physiologique.

Si l'on considère chacun des cinq groupes dans lesquels j'ai réparti les métaux biatomiques, on voit que, dans l'état actuel de nos connaissances, ils n'offrent aucune exception à la loi énoncée. Mais si l'on veut comparer tous ces métaux

entre eux, sans les diviser en groupes, il devient moins facile de prouver qu'ils satisfont à la règle, parce que les expériences ne sont pas encore en nombre suffisant. Il résulte pourtant, de celles qui ont été faites, que l'ordre d'activité des métaux étudiés est le suivant, en commençant par les plus inoffensifs :

Magnésium.	Argent.
Calcium.	Cadmium.
Strontium.	Cuivre.
Zinc.	Baryum.
Cérium.	Mercure.

Le cuivre offre donc une exception dans les métaux biatomiques, comme le rubidium nous en a offert une autre, mais en sens contraire, parmi les métaux monoatomiques.

Quant au strontium et au zinc, il est encore impossible de décider lequel des deux est le plus actif.

TROISIÈME CLASSE. — MÉTAUX TRIATOMIQUES.

Cette classe ne renferme que l'or et le vanadium. N'ayant fait aucune expérience sur les composés de ces deux métaux, je serais bref à leur sujet.

1° *Or* (Au)

Poids atomique. . 196,5 — Chaleur spécifique. . 0,03244 — Densité. . 19,5

L'or se trouve dans la nature à l'état natif : tantôt il est pur, tantôt il est allié à l'argent, au platine, au rhodium, etc. Lorsqu'on veut avoir de l'or pur, il faut décomposer son chlorure par la chaleur ou par d'autres agents réducteurs.

Les seuls acides qui attaquent l'or sont l'eau régale et l'acide sélénique. Pourtant on a employé en médecine, non-seulement les préparations d'or solubles, telles que le chlorure simple, le chlorure double d'or et de sodium, mais encore l'acide aurique, et même l'or métallique.

D'après M. Legrand, l'ordre d'activité des préparations auriques serait le suivant : *or métallique*, *oxydes*, *sulfure*, *chlorures*, *cyanure*. Je me suis demandé souvent comment l'or métallique pouvait agir dans l'économie. C'était une question analogue que Stahl s'était faite au sujet du veau d'or avalé par les Hébreux. Voulant résoudre cette difficulté, Stahl traita l'or par du sulfure de potassium, et obtint une dissolution de ce métal, d'où il conclut que Moïse avait dû dissoudre le veau d'or dans le foie de soufre. Il pourrait donc se faire qu'il se formât dans l'économie un sulfure double d'or et d'un métal alcalin; par exemple, le chlorure, si facilement réduit par les matières organiques, donnerait de l'or à l'état naissant, qui serait ensuite dissous par les sulfures contenus dans l'intestin.

Quoi qu'il en soit, les préparations auriques ont été conseillées dès le XVI[e] siècle par Fallope dans les affections syphilitiques, mais c'est M. Chrestien, professeur à Montpellier, et M. Cullerier qui ont le plus cherché à les mettre en crédit. Je citerai encore à ce sujet les noms de M. Rouault et de M. Debreyne.

L'or, qui possède un poids atomique élevé, est éminemment toxique. Ses préparations solubles, d'après les expériences d'Orfila, agissent à hautes doses sur l'économie à la manière des poisons corrosifs.

Höfer, ancien professeur agrégé à la Faculté de médecine, a fait un travail sur les sels de platine dont j'aurai à parler bientôt; parmi les conclusions de ce travail, on trouve que le

chlorure d'or est vénéneux et plus actif que le chlorure de platine. J'aurai à revenir sur ce sujet : Je ferai remarquer seulement que l'or et le platine ont à peu près le même poids atomique, l'un étant 196,5 et l'autre 197.

Le chlorure d'or s'administre toujours à des doses très-faibles, depuis quelques milligrammes à 1 centigramme.

2° *Vanadium* (V).

Poids atomique.. 68,5 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. »

Le vanadium a été découvert en 1830 par Selfström. On le trouve principalement dans l'oxyde de fer magnétique du mont Taberg en Suède, et dans certaines mines, à l'état de vanadate de plomb.

Ce métal est blanc, infusible, soluble dans l'acide azotique et dans l'eau régale, peu attaquable par les acides fluorhydrique, chlorhydrique et azotique.

Les combinaisons les mieux étudiées du vanadium sont : les oxydes, les chlorures, les sulfures de ce métal, et les vanadates. Le protoxyde VO ne forme aucun sel, lorsqu'on le traite par les oxacides, mais le bioxyde VO^2 donne avec ces mêmes acides des sels qui, à l'état anhydre, sont bruns et plus rarement verts. Leurs solutions sont d'un bleu d'azur, leur saveur rappelle celle des solutions ferriques.

On ne possède aucune notion sur les propriétés physiologiques des sels de ce métal.

QUATRIÈME CLASSE. — MÉTAUX TÉTRATOMIQUES.

Je diviserai les métaux de cette classe en quatre groupes qui me paraissent tout à fait naturels.

Le premier contiendra le glucyninm, l'aluminium, le zirconium et le thorium.

Le deuxième, le fer, le manganèse, le chrome, le cobalt et le nickel.

Le troisième, l'étain et le titane.

Le quatrième, le plomb, le platine et le palladium.

1er GROUPE. — GLUCYNIUM, ALUMINIUM, ZIRCONIUM, THORIUM.

Ces métaux présentent entre eux de si grandes analogies, que lorsqu'on a étudié les combinaisons de l'un d'eux on connaît celles des autres pour ainsi dire. Il existe pourtant quelques différences essentielles qui servent à les distinguer au point de vue chimique; ainsi l'aluminium ne forme pas de carbonate, et lui seul jusqu'ici a donné des aluns; la glucyne et l'alumine se dissolvent dans les alcalis, la zircone et la thorine sont insolubles dans ces mêmes réactifs.

1° *Glucynium* (Gl.).

Poids atomique.. 14 — Chaleur spécifique.. » — Densité 2,1

Ce métal est appelé ainsi (de γλυκὺς, doux) à cause de la saveur douce et sucrée de ses sels. On l'a encore désigné sous le nom de béryllium, parce qu'il se rencontre dans le

béryl, aigue-marine ou émeraude, qui est un silicate double d'aluminium et de glucynium. Il a été découvert par M. Wöhler, qui l'a obtenu en décomposant son chlorure par le potassium; mais son oxyde, la glucyne, était connue de Vauquelin, dès l'année 1797.

Le poids atomique du glucynium n'étant que 14, je pouvais considérer ce métal comme peu actif. Afin de vérifier mes conjectures, j'ai recouru comme toujours à l'expérience. Celle que je vais rapporter est la première qui ait été faite avec le glucynium.

Sulfate de glucynium. — Le chlorure de glucynium, qu'on trouve dans le commerce, étant décomposé par l'eau, comme son congénère, le chlorure d'aluminium, j'ai préparé une petite quantité de sulfate, en traitant la glucyne par l'acide sulfurique. Le sulfate de glucynium a une formule analogue à celle du sulfate d'aluminium, et cristallise avec 12 molécules d'eau. *Il possède une réaction acide.* Sa saveur est astringente et sucrée, sans arrière-goût métallique.

58e *Expérience.* — Le 9 mai, 25 grammes d'une solution de sulfate de glucynium, contenant 5^{gr},65 de sel supposé anhydre, ou 0^{gr},501 de métal, sont injectés chez une chienne de taille ordinaire dans une veine d'une patte postérieure. L'injection est poussée lentement à travers une canule d'un petit calibre; elle dure quarante à cinquante secondes. Aussitôt qu'elle est détachée, la chienne court dans le laboratoire. Elle paraît pourtant un peu anxieuse, mais c'est de sa patte blessée qu'elle semble le plus s'occuper. En un mot, une injection d'eau pure n'aurait pas produit des effets plus marqués. Elle mange comme d'ordinaire une demi-heure

après l'opération, et je quitte très-satisfait le laboratoire.

Le lendemain; 10 mai, je la trouve couchée dans sa cabane, elle est abattue; cependant elle n'a pas de fièvre. Elle a vomi les aliments pris la veille et a eu un peu de diarrhée. Elle refuse de manger toute la journée. Le soir elle est plus faible encore, la circulation et la respiration sont ralenties; je remarque quelques convulsions. Enfin le 11 mai, au matin, je la trouve morte.

Autopsie. — Rigidité cadavérique. Les poumons sont normaux, les cavités cardiaques sont remplies d'un sang diffluent à moitié coagulé. Le système veineux est rempli de sang; les sinus rachidiens ainsi que les sinus cérébraux sont distendus. L'encéphale et la moelle ne présentent pas d'altérations perceptibles à la vue simple. La muqueuse stomacale est rouge dans la région de la grande courbure; l'intestin présente des traces manifestes d'entérite en différents points de son étendue, mais surtout vers l'appendice cæcal. La vessie est vide.

Ce qui frappe dans cette expérience, c'est la lenteur avec laquelle les effets du sulfate de glucynium se sont déclarés. J'ai cru d'abord que le glucynium n'exercerait aucun effet, tant était satisfaisant l'état de l'animal aussitôt après l'injection. Néanmoins il reste acquis que ce métal doit être rangé à côté du sodium à cause de son peu d'activité. Pour se convaincre que telle doit être sa place, il suffit de se rappeler les expériences de M. Grandeau, dans lesquelles des sels neutres de potassium ont causé chez des chiens une mort foudroyante, après avoir été injectés à des doses *cinq fois moindres*.

J'ai la conviction, sans pouvoir en donner la preuve, que l'animal soumis à l'expérience précédente a succombé parce

que je m'étais servi d'un *sel acide*, dont l'élément électro-négatif était déjà énergique par lui-même. Je répéterai donc cette expérience en employant un sel organique de glucynium, le tartrate ou l'acétate, et je présume que, cette fois, ce métal dévoilera des propriétés complétement inoffensives. Il me suffit pour le moment d'avoir prouvé que le *glucynium est beaucoup moins actif que le potassium*, ce dont je ne me serais jamais douté, si je n'avais eu confiance dans la loi que je prends à tâche de démontrer, et si je n'avais recouru à l'expérience.

2° *Aluminium* (Al).

Poids atomique.. 27,5 — Chaleur spécifique.. 0,2181 — Densité.. 2,56

Ce beau métal, à la fois léger, brillant et sonore, a été découvert par M. Wöhler, qui l'a obtenu en décomposant le chlorure d'aluminium par le potassium. On l'obtient facilement aujourd'hui, grâce aux travaux de M. Sainte-Claire Deville.

L'aluminium est, avec le calcium, le métal le plus répandu dans la nature. Son oxyde, l'alumine, forme la partie essentielle des argiles, qui ont joué un si grand rôle dans la constitution de l'écorce solide du globe.

Je n'ai fait aucune expérience sur les sels d'aluminium, de sorte que je suis obligé de puiser mes conclusions, relativement à ce métal, dans l'emploi médical de ses combinaisons.

L'alun est de tous les composés d'aluminium celui qui a été le plus employé en thérapeutique. Administré à l'intérieur, il occasionne souvent une sensation douloureuse dans l'estomac; quand les doses sont élevées, il peut donner lieu

à des coliques, à des nausées, à des vomissements (Bouchardat, *Manuel de matière médicale*). Il jouit de propriétés astringentes énergiques, qui le font employer dans les hémorrhagies, dans la blennorrhée, la leucorrhée, et certaines diarrhées séreuses. L'eau de Pagliari doit surtout à l'alun ses propriétés hémostatiques.

Le sulfate d'aluminium, beaucoup moins employé que l'alun, a été introduit dans la thérapeutique par le docteur Homolle. Ce sel rougit la teinture de tournesol ; il est astringent comme l'alun, mais il exerce, plus que celui-ci, une action topique spéciale, qui l'a fait employer comme caustique contre les ulcères scrofuleux et cancéreux.

Telles sont les propriétés des deux seuls composés d'aluminium usités en thérapeutique. Il résulte de ces propriétés que, si l'on voulait injecter dans le sang des sels d'aluminium, il ne faudrait pas employer le sulfate. En effet, il est infiniment probable que si, dans l'expérience 58, j'avais injecté du sulfate d'aluminium au lieu de sulfate de glucynium, l'animal serait mort beaucoup plus vite. Je me propose donc de faire bientôt des expériences avec l'acétate, le tartrate, ou le lactate d'aluminium, et j'espère acquérir la preuve que ce métal est plus actif que le glucynium. D'ailleurs, l'opinion que j'énonce est déjà arrêtée chez moi, lorsque je vois l'alun n'être prescrit qu'à de faibles doses à l'intérieur. Ainsi, la potion alumineuse contre la colique des peintres ne se prend que par cuillerée toutes les deux heures, bien qu'elle ne renferme que 10 grammes d'alun pour 100 grammes d'eau ; or, ces 10 grammes ne contiennent eux-mêmes que 57 centigrammes de métal.

Élimination de l'aluminium. — Ce métal ne se rencontre

jamais dans l'organisme animal ; on l'a trouvé dans quelques os fossiles, mais il est incontestable qu'il y avait pénétré par infiltration. L'absence de l'aluminium dans l'organisme s'explique facilement ; en effet, l'alumine introduite dans le canal intestinal s'unit avec les substances organiques, et en particulier avec les matériaux de la bile, pour former des combinaisons insolubles qui ne sont pas résorbées.

Expérience de Lehmann. — Ce physiologiste prit, en quarante-huit heures, 3 grammes de sulfate basique d'aluminium ; il recueillit pendant ce temps son urine et ne put y reconnaître la présence de l'alumine, mais il en trouva dans les cendres des fèces. Pendant les premiers jours qui suivirent cette expérience, ses selles étaient inodores (Lehmann, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, I, p. 458).

3° *Zirconium* (Zr).

Poids atomique.. 89,6 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. »

Le zirconium se présente sous la forme d'une poudre noire qui, chauffée à l'air, s'enflamme et brûle avec un vif éclat, en se transformant en zircone, substance blanche semblable à la glucyne et à l'alumine.

La zircone, ou oxyde de zirconium, Zr^2O^3, a été découverte, dès 1789, par Klaproth, dans une pierre précieuse de Ceylan, appelée zircon ; elle a été trouvée plus tard dans l'hyacinthe, minéral transparent répandu en abondance dans le ruisseau d'Expailly (Haute-Loire). La zircone se distingue de l'alumine et de la glucyne en ce qu'elle est insoluble dans les alcalis. Elle donne facilement des sels, lorsqu'on la traite

par les acides. Il serait donc facile de faire des recherches sur les propriétés physiologiques du zirconium qui n'a jamais été étudié à ce point de vue.

4° *Thorium* (Th).

Poids atomique.. 231,5 — Chaleur spécifique.. » — Densité.. »

Les propriétés du thorium sont analogues à celles du zirconium. Lorsqu'on le chauffe faiblement à l'air, il s'enflamme et brûle avec un éclat tout à fait extraordinaire, en donnant de la thorine blanche comme de la neige.

La thorine, Th^2O^3, se comporte comme la zircone. Elle est la plus lourde de toutes les bases ; sa densité est 9,402.

Le thorium se présente sous l'aspect d'une poudre métallique lourde d'une couleur gris de plomb foncé. Ses propriétés physiologiques sont inconnues. On sait seulement que ses sels sont astringents comme ceux des trois métaux précédents.

IIe GROUPE. — FER, MANGANÈSE, CHROME, COBALT, NICKEL.

Les métaux qui composent ce groupe jouissent des mêmes propriétés physiques et chimiques, et je puis dire physiologiques, ce qui tient sans doute à ce que leur chaleur spécifique et leurs poids atomiques sont approximativement les mêmes pour tous.

1° *Fer* (Fe).

Poids spécifique.. 56 — Chaleur spécifique.. 0,11379 — Densité.. 7,7

Le fer est l'un des métaux les plus diffus dans la nature; on le trouve partout pour ainsi dire. Il suffit de traiter par l'eau régale une poignée de terre ou de sable, pour que la liqueur obtenue donne aussitôt un précipité de bleu de Prusse en y versant du cyanoferrure de potassium. Le fer existe dans différentes parties de l'organisme et sous différents états. Il se trouve vraisemblablement à l'état de protoxyde dans l'hématine, à l'état de chlorure dans le suc gastrique (Berzelius), et à l'état de phosphate dans les autres liquides de l'organisme.

Le fer, par son poids atomique peu élevé et par sa diffusion dans la matière inerte et vivante, vient confirmer la relation que je cherche à prouver. Je n'ai pas fait d'expériences sur ce métal, mais celles d'un maître illustre, M. Claude Bernard, remplaceront avantageusement celles que j'aurais pu faire.

M. Cl. Bernard (*Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. XVI, 1848), dans ses recherches sur la réaction des substances chimiques dans le sang, a injecté dans les veines crurales, chez des lapins, 12, 15 et même 20 grammes d'une dissolution de lactate de fer. La dissolution du sel, saturée à froid, avait été étendue de la moitié seulement de son poids d'eau distillée. On injectait en même temps 10, 12 et même 15 grammes d'une solution à 1/100 de prussiate jaune de potassium.

Il ne faut pourtant pas croire que l'on puisse injecter dans le sang un sel de fer quelconque, sans produire d'accident. M. Cl. Bernard avait employé d'abord dans ses expériences le sulfate et le chlorure de fer, mais il avait vu que

ces sels produisaient assez rapidement la mort, comme la plupart des sels métalliques injectés à hautes doses. Je me rappelle à ce sujet que, dans l'expérience que j'ai faite avec le sulfate de glucynium, la mort ne serait probablement pas arrivée si j'avais employé l'acétate de ce métal.

Élimination du fer. — On admet généralement que la bile est formée surtout par les matériaux provenant de la destruction des globules sanguins, aussi est-ce par ce liquide que le fer s'élimine en majeure partie. On en trouve difficilement des traces dans les autres produits de sécrétion ; c'est pourquoi la salive n'en renferme pas, lorsqu'on traite un malade par les préparations martiales ; mais on peut le faire apparaître dans ce liquide, en administrant l'iodure de potassium. J'aurai à parler plus tard de l'emploi de l'iode dans l'intoxication saturnine, et l'on verra que l'iodure de potassium favorise aussi l'élimination des molécules plombiques.

2° *Manganèse* (Mn).

Poids atomique.. 55 — Chaleur spécifique.. 0,14411 — Densité.. 8,013

Le manganèse est un métal d'un gris d'acier, très-réfractaire et s'oxydant plus facilement que le fer à l'air humide. On l'obtient en réduisant ses oxydes par le charbon, dans un creuset brasqué, à la température d'un feu de forge.

On sait que le manganèse est associé au fer dans la nature, aussi se rencontre-t-il en union constante avec ce métal dans différentes parties solides et liquides de l'organisme. Ainsi Weidenbusch a trouvé dans la cendre de la bile $0^{gr},12$ de protoxyde de manganèse et $0^{gr},23$ de protoxyde de fer. Kra-

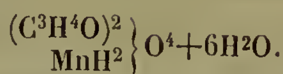
mer, Millon, Deschamps, Burin du Buisson, Wurzer, Hamon, Denis, ont trouvé du manganèse dans le sang; Bley, Wurzer et Bucholz, dans les calculs biliaires et vésicaux; Vauquelin (*Ann. de chimie*, t. LVIII, p. 41), dans les cheveux; John et Lassaigne, dans l'urine d'un cheval diabétique; Sprengel et Bibra, dans l'urine d'un bœuf. Jusque dans ces derniers temps, on n'avait pas encore signalé la présence du manganèse dans l'urine de l'homme, mais ce métal y a été trouvé par W. Turner (*Edinb. med. Journ.*, t. VI, p. 903, avril 1861).

Cette présence constante du manganèse dans l'organisme explique l'introduction de ce métal dans la thérapeutique. Néanmoins, malgré les travaux de van den Corput, de Hannon et de Pétrequin, on ne peut dire qu'il soit admis d'une manière définitive. On ne saurait cependant trop le recommander dans les cas où les préparations ferrugineuses ne réussissent pas.

Le manganèse et le fer ayant une chaleur spécifique et un poids atomique presque égaux, leur énergie physiologique devait être à peu près égale. On savait déjà que les doses médicinales pouvaient être les mêmes pour chacun de ces métaux, mais on ignorait ce que devait produire l'introduction rapide d'une grande quantité de ce métal dans l'organisme. J'ai cherché à combler cette lacune en injectant dans le sang du lactate de manganèse, afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux qu'avait obtenus M. Cl. Bernard, en expérimentant avec le lactate de fer.

Lactate de manganèse. — Il forme de gros cristaux brillants, couleur améthyste, assez solubles dans l'eau froide, fort solubles dans l'eau bouillante. Leur solution est légèrement astringente et possède une saveur non désagréable,

sans arrière-goût métallique. Le lactate de manganèse a pour formule :



$$\left.\begin{matrix}(C^3H^4O)^2\\ MnH^2\end{matrix}\right\} O^4+6H^2O.$$

$6^{gr},2$ de ce sel contiennent 1 gramme de métal.

59e *Expérience.* — Le 11 mai, $1^{gr},2$ de lactate de manganèse, dissous dans 15 grammes d'eau, et contenant 20 centigrammes de métal, sont injectés dans l'une des veines d'une patte postérieure, chez une chienne de taille au-dessous de la moyenne. Aussitôt qu'elle est détachée, elle court dans le laboratoire; elle est un peu anxieuse, mais bientôt il n'y paraît rien pour ainsi dire.

Cependant, ayant bu un peu d'eau un quart d'heure après l'expérience, elle la rend presque aussitôt. Ce fait n'a aucune importance, attendu que les chiens vomissent très-facilement, et qu'une simple injection d'eau pure dans le sang provoque souvent des vomissements. L'expérienee avait été faite à trois heures; elle ne mange presque rien le soir, pourtant elle ne paraît pas souffrir. Cependant l'histoire de l'injection du sulfate de glucynium m'avait appris à me défier. Pour mieux observer les effets ultérieurs, j'emmène cette chienne chez moi. Je la surveille attentivement toute la soirée, jusque vers onze heures; elle ne paraît rien éprouver; elle a conservé sa gaieté habituelle. Mais le lendemain, à sept heures, je la trouve anxieuse; ses oreilles sont un peu chaudes. A dix heures et demie, elle est prise d'accidents tétaniques violents; elle a de l'opisthotonos, du trismus, et meurt trois quarts d'heure après le début de ces accidents. — Quel sujet d'étude! Les organes examinés paraissent normaux; la substance blanche de la moelle épinière est anémiée, et la substance grise est congestionnée.

3° *Chrome* (Cr).

Poids atomique. 53,5 — Chaleur spécifique. . » — Densité. . 2,6

Le chrome a été découvert par Vauquelin dans le plomb rouge de Sibérie, et a été trouvé plus tard dans le chromite de fer ou fer chromé. Ce métal est dur, cassant, très-réfractaire comme le manganèse; on voit que, de même que le manganèse, il s'associe fréquemment au fer dont il partage du reste les propriétés chimiques.

Le chrome n'existe pas dans l'organisme.

On n'a employé en médecine que le bichromate de potassium et l'acide chromique. M. Puche a fait disparaître très-rapidement des plaques muqueuses, en les touchant avec une solution concentrée de bichromate, et il préfère l'emploi de ce sel au mélange d'alun et de sabine, préconisé contre les végétations par Vidal (de Cassis).

L'acide chromique est employé également comme caustique, et c'est l'un des plus puissants que l'on connaisse. Lorsqu'on plonge des souris, des oiseaux, dans une solution chaude et concentrée d'acide chromique, leurs tissus se dissolvent rapidement, à tel point qu'au bout de quinze à vingt minutes, il ne reste rien de leurs dents, de leurs os ni de leurs plumes (Heller).

On pourrait s'imaginer, d'après ce qui précède, que les autres combinaisons du chrome sont toxiques, comme, par exemple, les chlorures, les sulfates, les acétates. Si l'on fondait son opinion sur quelques faits isolés, on commettrait souvent les plus grandes erreurs. Ne sait-on pas que le chlorure de potassium, en poudre ou en solution concentrée, a été employé pour détruire les cancroïdes, pour cautériser les cancers ulcérés? Pour moi, le chromate et le chlorure,

ainsi employés, sont tout à fait comparables, et ne peuvent éclairer sur l'action réelle des principes électro-positifs ou électro-négatifs qui les constituent. Il faut donc se servir de solutions étendues, ou mieux, faire des expériences avec des sels organiques, par exemple avec les acétates ou les lactates de chrome. Ne connaissant aucune expérience semblable, et n'ayant pas eu encore l'occasion d'en faire moi-même, je me borne à enregistrer les faits relatifs à ce métal, jusqu'à ce que je puisse acquérir, à la suite d'injections dans les veines, la certitude que le chrome n'est pas un métal beaucoup plus toxique que le fer. Je puis déjà dire que, dans le laboratoire de M. Robin, on a l'habitude de mettre les pièces dans une solution étendue d'acide chromique qui, loin de les détruire, les conserve parfaitement.

4° *Cobalt* (Cb).

Poids atomique.. 59 — Chaleur spécifique.. 0,10696 — Densité.. 8,5

Le cobalt est un métal d'un blanc d'argent, aussi peu fusible que le fer. Il a été isolé en 1733 par le chimiste suédois Brandt; mais dès le milieu du XVIe siècle, les minerais de cobalt étaient employés pour colorer les vitraux en bleu. Ses principaux minerais sont les oxydes, les arséniures et les arséniosulfures.

Les sels de cobalt sont colorés en rose. Celui que j'ai employé dans mes expériences est l'acétate.

Acétate de cobalt. — Ce sel cristallise en prismes roses dont la solution est rouge.

60e *Expérience.* — Le 2 avril, à trois heures, je fais avaler à une chienne de taille moyenne 2gr,12 d'acétate de cobalt, contenant 0gr,50 de métal, et dissous dans 30 grammes

d'eau. Elle ne paraît pas souffrir; mais vingt-cinq minutes plus tard, elle a un léger vomissement de matières blanches, spumeuses, ne présentant en aucune façon la coloration du sel, qui avait dû être absorbé déjà en majeure partie, sinon en totalité. A cinq heures, la chienne mange avec son appétit ordinaire. — Le lendemain, je lui administre la même dose d'acétate dissous dans la même quantité d'eau. Les choses se passent exactement comme la veille. — Le 4 avril, je la laisse en repos; sa santé est parfaite.

61e *Expérience*. — Le 5 avril à quatre heures, je fais avaler à la chienne 3gr,50 d'acétate de cobalt, dissous dans 40 grammes d'eau : ces 3gr,50 correspondent à 83 centigrammes de ce métal. Elle n'a qu'un seul vomissement, qui arrive trois quarts d'heure après l'absorption du sel, et par conséquent plus tard que dans l'expérience précédente. Les matières vomies sont très-filantes et jaunes. La chienne paraît légèrement abattue; les battements cardiaques et les mouvements respiratoires me semblent un peu moins fréquents; néanmoins elle mange un peu vers six heures. Le lendemain, elle se porte bien, et sa santé est excellente les jours suivants.

62e *Expérience*. — Huit jours plus tard, je lui fais avaler 4gr,22 d'acétate de cobalt dissous dans 40 grammes d'eau. Elle vomit une partie de la solution au bout d'un quart d'heure, et conserve le reste. Elle mange un peu le soir, et le lendemain elle se porte bien, ainsi que les jours suivants.

Je n'ai pas poussé plus loin mes expériences. En effet, d'après le dernier essai, il est possible qu'en forçant les doses, l'animal vomît plus facilement. Néanmoins, j'avais la preuve

que les sels de cobalt ne sont nullement vénéneux, qu'ils n'entravent nullement les fonctions digestives; en un mot, qu'ils semblent plutôt agir comme les sels de fer. On verra plus loin quelle différence énorme existe entre ce sel et l'acétate d'uranium, qui a produit le dépérissement et la mort chez un chien à qui j'en avais fait absorber. La chienne avait avalé en tout $11^{gr},94$ d'acétate de cobalt, soit $2^{gr},83$ de métal, ou plus exactement $2^{gr},50$, en tenant compte des petites quantités qui avaient pu être rejetées par les vomissements.

5° *Nickel* (Ni).

Poids atomique.. 59 — Chaleur spécifique.. 0,10863 — Densité.. 8,666

Ce métal a été découvert, en 1751, par Cronsted, dans le kupfernickel qu'on avait pris pour un minerai de cuivre. Il se rencontre dans la nature, comme le cobalt, à l'état d'oxydes, de sulfures ou d'arséniures; enfin il existe dans les aérolithes.

Ce métal, tel qu'on le trouve dans le commerce, n'est jamais pur : certains nickels d'Allemagne renferment jusqu'à 30 pour 100 de cuivre, tandis que les nickels d'Angleterre contiennent souvent une grande quantité de cobalt.

Le nickel est d'un blanc d'argent; il est ductile, malléable et très-difficilement fusible. Ses sels ont une couleur vert pomme.

Je n'ai fait qu'une seule expérience avec l'acétate de nickel; je me dispenserai de la rapporter, car le sel employé n'était pas d'une pureté absolue.

CONCLUSION SUR LES MÉTAUX DE CE GROUPE.

D'après l'état actuel de nos connaissances, on peut dire que

le fer, le manganèse, le chrome, le cobalt et le nickel jouissent de propriétés physiologiques présentant entre elles les plus grandes analogies. C'est ce qu'on savait déjà pour le manganèse et le fer; cependant l'unique expérience que j'ai faite semble prouver que le manganèse soit plus actif que le fer. Enfin j'ai fait voir que le cobalt, sur lequel on n'avait pas expérimenté (du moins à ma connaissance), est un métal nullement toxique, et qu'administré à de fortes doses, il n'entrave pas la nutrition.

IIIe GROUPE. — ÉTAIN, TITANE.

1° *Étain* (Sn).

Poids atomique.. 118 — Chaleur spécifique.. 0,95623 — Densité.. 7,29

Ce métal est connu de toute antiquité. Sa combinaison naturelle la plus abondante est l'acide stannique appelé en minéralogie *cassitérite*.

L'étain du commerce renferme toujours de l'arsenic; celui de Banca, qui est presque pur, en contient encore 4 millièmes.

On a employé, comme médicaments anthelminthiques, l'étain en poudre à la dose de 15 ou 30 grammes, son protoxyde à la dose de 50 centigrammes, et son bisulfure, ou *or mussif*, à la dose de 5 à 15 grammes.

L'étain est considéré souvent comme inoffensif; de là son emploi fréquent dans la confection des ustensiles de ménage. Il serait plus vrai de dire que ce métal n'est pas toxique parce qu'il ne se dissout que très-peu. Le poids atomique de l'étain étant élevé, j'ai cherché dans la science des

cas d'empoisonnement produits par ce métal; je vais en rapporter un qui me semble approprié à mon sujet.

Un homme de soixante ans avait fait dessécher du sel humide, sur un poêle, dans une assiette d'étain. Il essuya ensuite cette assiette avec du pain et du rôti qu'il mangea. Il éprouva bientôt alternativement du frisson et de la chaleur, une céphalalgie occipitale et frontale, la perte de l'appétit, et une douleur violente dans la région épigastrique. L'estomac était gonflé et douloureux à la pression. La langue était recouverte d'un enduit épais, jaunâtre; les selles étaient retenues. Le pouls était accéléré, la peau chaude et sèche. Mais les symptômes les plus caractéristiques furent une salivation fétide, une coloration grisâtre des gencives, et de petits abcès sanieux siégeant sur le bord de la langue et sur la paroi intérieure des joues. La gastrite fut combattue par les antiphlogistiques et l'extrait de belladone; la constipation par l'huile de ricin, et la salivation par le chlorure de chaux. Le malade se rétablit dès le sixième jour. (*Canstatt's Jahresbericht*, 1851, Bd. IV, p. 269.)

N'ayant fait aucune expérience sur l'étain ni sur le titane, je passe immédiatement à l'étude des autres métaux.

IVe GROUPE. — PLOMB, PLATINE.

1° *Plomb* (Pb).

Poids atomique.. 207 — Chaleur spécifique.. 0,0314 — Densité.. 11,44

On sait que le plomb est vénéneux; il me paraît donc inutile d'insister sur ce sujet; ce que je désirerais, ce serait avoir fait des expériences tendant à prouver que le plomb, dont le poids atomique est 207, est plus toxique que le mer-

cure, dont le poids atomique est 200. Malheureusement mes essais ne sont qu'à l'état de projets. Voici sur quoi je me fonde pour croire que le plomb est plus actif que le mercure.

1° L'intoxication saturnine m'a toujours paru plus terrible que l'intoxication par le mercure; elle produit souvent une altération fatale dans l'organe excréteur de l'urine.

2° Le chlorure de plomb étant très-peu soluble, c'est en ce composé que se transforment les préparations plombiques administrées à l'intérieur. Il ne faut donc pas s'étonner que l'acétate neutre puisse se prescrire jusqu'à la dose de 60 à 80 centigrammes par jour. Aux personnes qui ne fixeraient pas assez leur attention sur la solubilité des préparations métalliques dans les liquides de l'organisme, je rappellerai que le calomel a été administré à la dose de 8 grammes, sans produire des effets mortels (Trousseau et Pidoux, art. Mercure). Faudrait-il en conclure que le mercure n'est pas aussi toxique qu'on se l'imagine? Non sans doute, ce serait commettre une grave erreur.

Du plomb normal. — Malgré les assertions de Devergie et d'Orfila, le plomb n'existe pas normalement dans l'organisme. Danger et Flandin ont insisté sur l'absence de ce métal chez les individus sains, n'ayant été jamais soumis aux émanations saturnines (voy. *Affaire Pouchon*, 1844). Un savant chimiste, M. Chevreul, a de son côté appelé l'attention sur une cause d'erreur à laquelle on n'avait pas pensé. L'acide sulfurique, conservé dans un vase de cristal, lui enlève des traces de plomb qui apparaissent dans les analyses.

Introduction du plomb dans le lait. — Lewald (*Untersuchungen über den Uebergang von Arzeneimitteln in die*

Milch., Breslau, 1857), ayant administré $0^{gr},16$ d'acétate de plomb à des chèvres, le métal a été retrouvé dans le lait après dix-huit à vingt-quatre heures.

Élimination du plomb. — N. Guillot et Melsens (*Comptes rendus*, t. XVIII) sont les premiers qui aient employé l'iodure de potassium dans le traitement de l'intoxication saturnine. En effet, l'iodure de potassium favorise l'élimination du plomb, en donnant certainement naissance à de l'iodure de plomb, lequel est soluble dans une grande quantité d'eau.

Goolden (*Jodide of potassium in a case of poisonning of Lead. Lancet*, 1853, Dec. 3) parle d'un broyeur de couleurs âgé de cinquante et un ans, qui souffrait d'une paralysie complète des membres supérieurs et d'une paralysie incomplète des membres inférieurs. Ce malade fut traité par l'iodure de potassium qui le guérit bientôt.

L'analyse chimique de l'urine ne permit pas d'y découvrir la présence du plomb, mais voici une observation qui démontre que l'iodure de potassium produit l'élimination de ce métal par les urines. On savait d'ailleurs depuis longtemps déjà que le plomb peut s'éliminer par les urines ; c'est ce qu'avaient reconnu Danger et Flandin.

Nicholson (*Jodide of potassium in Lead poisonning. Lancet*, 1854, Jan. 14) rapporte également l'histoire d'un peintre en bâtiments, âgé de trente-cinq ans, qui souffrait d'une violente colique saturnine et d'une paralysie partielle de l'avant-bras gauche. L'urine du malade fut examinée ; on ne put y trouver de plomb, mais après l'emploi de l'iodure de potassium, ce métal y apparut d'une manière évidente. Le traitement fut des plus simples. On fit disparaître les coliques par les moyens ordinaires, la paralysie par le galvanisme et par

l'emploi de l'iodure de potassium. Les résultats furent complets, car on obtint une guérison durable après un traitement d'une courte durée.

Decaisne a également employé avec succès l'iodure de potassium dans l'empoisonnement saturnin (*Bull. de l'Acad. de Belgique*, n. 1, p. 62). L'un des cas les plus intéressants est celui d'un homme de cinquante-neuf ans, qui travaillait depuis deux ans dans une fabrique de céruse. Il avait une rétraction des doigts, du tremblement des bras, des jambes et même du corps tout entier; il souffrait en outre d'une constipation habituelle. L'iodure de potassium fit disparaître tous ces accidents, si bien que le malade recouvra l'usage parfait de ses mains, et qu'il vit disparaître les moindres traces de tremblement.

L'iodure de potassium produit l'élimination du plomb, non-seulement par les reins, mais encore par la salive. C'est ce qu'a prouvé M. Malherbe, médecin de l'Hôtel-Dieu de Nantes (*Revue méd.-chir.*, 1854, nov., p. 264, et *Gaz. des hôpitaux*, n. 150, 21 déc. 1854).

Enfin, selon M. Ollivier, les combinaisons de plomb et la plupart des substances toxiques peuvent, en s'éliminant, altérer le rein et amener, consécutivement à cette altération, une albuminurie passagère ou persistante, suivant la dose du poison ou la durée de son action.

2° *Platine* (Pt).

Poids atomique.. 197 — Chaleur spécifique.. 0,03243 — Densité.. 21,47

Le platine est le plus lourd de tous les métaux. Il se rencontre dans la nature à l'état natif, associé au rhodium, au palladium, au ruthénium, à l'osmiure d'iridium.

Höfer, professeur agrégé à la Faculté de médecine, a fait un grand nombre d'expériences sur les animaux et sur lui-même, dans le but d'étudier les effets physiologiques du platine (voy. *Observ. et recherches expérim. sur le platine*. Paris, 1841). Il résulte de ses recherches que : 1° les chlorures de platine sont toxiques ; le tétrachlorure l'est à la dose de 1 gramme, et le chloro-platinate de potassium à la dose de 2 grammes ; 2° les chlorures de platine sont moins vénéneux que le chlorure d'or et le bichlorure de mercure ; 3° le tétrachlorure, employé à l'extérieur, produit une éruption locale ; employé à l'intérieur, il irrite la muqueuse gastrique, produit de la céphalalgie, et un ébranlement des muscles de la partie postérieure de la tête, du dos et des extrémités. Je pourrais ajouter d'autres conclusions relatives à l'emploi du platine dans la syphilis, mais je me hâte de passer à l'étude d'autres métaux.

Je ne dirai rien non plus du palladium dont les propriétés physiologiques sont complétement inconnues.

CINQUIÈME CLASSE. — MÉTAUX PENTATOMIQUES

URANIUM, ANTIMOINE, BISMUTH, TANTALE, NIOBIUM, OSMIUM.

De tout temps, on a reconnu les plus grandes analogies entre l'arsenic et les cinq premiers de ces métaux, ce qui fait que plusieurs chimistes les rangent parmi les métalloïdes. J'ai placé à côté d'eux l'osmium, en me fondant sur les rapports qui existent aussi entre ses composés et les combinaisons arsenicales.

1° *Uranium* (U).

Poids atomique. . 120 — Chaleur spécifique. . 0,0519 — Densité. . »

L'uranium, découvert en 1789 par Klaproth, dans la *pechblende*, a été obtenu pour la première fois par M. Peligot.

Ce métal possède une couleur semblable à celle du nickel et du fer ; il devient jaunâtre à l'air, et s'il est en poudre il s'enflamme sous l'influence d'une légère élévation de température ; l'eau ne l'oxyde pas, les acides étendus le dissolvent avec dégagement d'hydrogène.

Les sels uraneux sont verts, les sels uraniques sont jaunes ou rouge brique, suivant qu'ils sont hydratés ou anhydres.

Azotate d'uranium.— Expériences de M. Leconte (*Mémoires de la Société de biologie*, décembre 1863, et *Gazette médicale de Paris*, 1854, p. 196). — D'après l'auteur, l'azotate d'uranium en dissolution est un poison assez énergique ; à la dose de 1 gramme, et même de 50 centigrammes, il suffit pour tuer des animaux de petite taille.

Introduit dans l'estomac d'un chien de forte taille, il a encore déterminé la mort, malgré les vomissements survenus deux heures après l'ingestion.

Dans les deux ou trois premiers jours qui suivent l'ingestion de la substance toxique, on trouve le sucre en abondance dans l'urine, quand il est possible de s'en procurer ; la défécation et la sécrétion urinaire sont suspendues dès le second ou le troisième jour. Ainsi qu'il résulte des expériences entreprises par M. Leconte, l'azotate d'uranium produit tou-

jours la mort, vers le sixième jour au plus tard, par les doses employées.

La première action qu'il semble produire après son introduction dans l'estomac, c'est la suspension de la chymification, puis une irritation sur l'estomac lui-même, de là des vomissements chez les animaux où la régurgitation est possible. Le mucus qui recouvre la face interne de l'estomac semble retenir une partie du poison, puisque, malgré l'introduction de grandes quantités d'eau et de vomissements réitérés, l'action toxique n'en persiste pas moins.

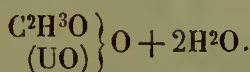
Suivant M. Leconte, la partie du poison qui arrive dans les capillaires des artères pulmonaires paraît les contracter peu à peu, et enfin suspendre presque complétement la communication entre les artères et les veines pulmonaires ; de là l'accumulation du sang dans le cœur droit, dans tout le système veineux, où la pression va sans cesse en augmentant ; de là des épanchements séreux, des hémorrhagies internes qui ont pu tuer l'animal. Quand les vaisseaux résistent à la pression intérieure, l'animal meurt par asphyxie.

D'après les expériences en question, la respiration est profondément altérée ; M. Leconte explique la présence du sucre dans l'urine par la cessation du rapport constant qui, à l'état normal, existe entre sa production dans le foie et sa destruction dans les poumons, la respiration étant chimiquement peu active. Quant à l'absence de la défécation, elle est due probablement à la paralysie des fibres musculaires de l'estomac et de l'intestin. La disparition de la sécrétion urinaire est due sans doute au peu de sang qui traverse les reins, puisque le sang veineux s'y accumule ; peut-être aussi est-ce le résultat de l'action directe de l'azotate d'uranium sur ces organes.

M. Leconte avait expérimenté sur l'azotate d'uranium ; j'ai

cru qu'il était préférable d'employer l'acétate. Les résultats auxquels je suis arrivé ne concordent pas tout à fait avec les précédents, mais je me propose de faire de nouveaux essais en employant l'azotate.

63[e] *Expérience. — Acétate d'uranium.* — Ce sel a pour formule :



$$\left.\begin{matrix} C^2H^3O \\ (UO) \end{matrix}\right\} O + 2H^2O.$$

Il cristallise en prismes rhomboïdaux, jaunes, transparents et facilement solubles. 1^{gr},92 d'acétate d'uranium contiennent 1 gramme de métal.

Le 21 mars, j'injecte, à l'aide d'une sonde œsophagienne, 25 centigrammes d'acétate d'uranium dans l'estomac d'un chien de taille moyenne et à jeun. Je n'observe aucun symptôme, si ce n'est un vomissement aqueux, qui a lieu cinq quarts d'heure après l'absorption du sel. Le chien dîne une heure plus tard avec son appétit ordinaire.

Le 23, je lui administre 50 centigrammes d'acétate d'uranium dissous dans 20 grammes d'eau. Un vomissement semblable à celui de la veille arrive cinq quarts d'heure après. L'état général est satisfaisant, cependant le chien éprouve une soif considérable; il boit 500 à 600 grammes d'eau. Son appétit est conservé, et il n'a pas de constipation.

Le 25 mars, il reçoit 1 gramme d'acétate dissous dans 40 grammes d'eau. Il a encore un vomissement aqueux cinq quarts d'heure après l'ingestion du sel. *Je le vois uriner deux fois dans l'espace de deux heures;* son urine, que je peux recueillir en partie, ne renferme ni *sucre* ni albumine. Ses pupilles, que je n'avais pas examinées les jours précédents, ne me paraissent ni dilatées, ni contractées.

Le 26 mars, à trois heures et demie, je lui fais avaler 2 grammes d'acétate dissous dans 40 grammes d'eau. Trois quarts d'heure après l'absorption du sel il a un vomissement aqueux renfermant un peu de mucus; puis, vingt minutes plus tard, deux vomissements successifs de matières spumeuses et blanches. Les pupilles ne sont pas dilatées. L'animal semble abattu, il n'a pas de fièvre; la respiration me paraît peu ample et un peu moins fréquente. A quatre heures un quart, je recueille un peu de son urine; je ne puis y trouver du sucre; la chaleur et l'acide nitrique y produisent un louche imperceptible. Enfin, loin de présenter de la constipation, le chien a une selle renfermant des glaires et des matières ramollies. Il refuse de manger à cinq heures et demie.

Le 27 mars au matin, je l'ai trouvé un peu moins abattu, mais il avait peu d'appétit. Je l'ai laissé sans traitement ainsi que les jours suivants jusqu'à sa mort, qui est arrivée dans la nuit du 31 mars au 1er avril. Pendant tout ce temps, je n'ai jamais observé de fièvre; son urine, examinée chaque jour le matin, n'a jamais renfermé de sucre ni d'albumine. Son appétit est allé toujours en diminuant; dès le 27 mars il a refusé tout aliment. Sa respiration était moins ample et moins fréquente qu'à l'état normal; enfin la veille de sa mort, en l'auscultant, je n'ai rien entendu de particulier; les battements cardiaques étaient ralentis.

Autopsie. — Rigidité cadavérique complète, pupilles extrêmement dilatées. L'encéphale, la moelle épinière, les poumons, le pancréas, la rate, ne présentent rien d'anomal; les reins sont petits. Le cœur est volumineux, ses cavités droites sont remplies complétement de sang non coagulé. Les veines caves, les veines mésaraïques, les veines jugulaires et cru-

rales, celles du rachis, en un mot tout l'ensemble des gros vaisseaux veineux est distendu par le sang. La vessie est vide ainsi que le gros intestin et l'intestin grêle. L'estomac présente une vaste ecchymose siégeant sur sa face antérieure et le long de sa grande courbure, plus près du cardia que du pylore. Le mésentère est également ecchymosé en plusieurs points.

Élimination de l'uranium. — J'ai recherché ce métal dans l'urine, mais je n'ai pu le retrouver. La bile que j'ai recueillie à l'autopsie a été de même soumise à l'examen chimique ; elle ne contenait que des traces d'uranium. Je conclus de ces faits que ce métal, comme bien d'autres, est éliminé surtout par la bile.

2° *Antimoine* (Sb).

Poids atomique.. 122 — Chaleur spécifique.. 0,05077 — Densité.. 6,7

N'ayant fait aucune recherche sur ce métal, je constate seulement que son poids atomique est élevé, ce qui concorde avec son activité physiologique, et je passe immédiatement à l'étude du bismuth.

3° *Bismuth* (Bi).

Poids atomique.. 210 — Chaleur spécifique.. 0,03084 — Densité.. 9,9

Le bismuth se trouve dans la nature à l'état natif. Pour l'obtenir, on chauffe son minerai dans des cylindres inclinés, la gangue reste dans le cylindre, le bismuth s'écoule et est recueilli. Ce métal renferme souvent de l'arsenic ; pour le purifier on le calcine dans un creuset avec du nitre ; l'arsenic passe à l'état d'arséniate de potassium, tandis que le métal se rassemble en culot au fond du creuset.

On dit partout que le bismuth cristallise en cube, il n'en est rien ; on sait depuis vingt ans bientôt qu'il cristallise en un rhomboïde se rapprochant du cube, en d'autres termes il appartient à la tribu des rhomboédriques de M. Delafosse (*Cours de minéralogie*). Il fond à 267 degrés ; il est dur, mais fragile, aussi est-il facile de le réduire en poudre.

Le bismuth est considéré généralement comme un métal remarquable par son innocuité. J'ai partagé d'abord, comme tout le monde, cette opinion classique qu'a fait répandre l'usage du sous-nitrate ; mais ma croyance à ce sujet a été fortement ébranlée par une expérience que je rapporterai bientôt. D'ailleurs les propriétés dynamiques des sels de bismuth solubles sont très-peu connues, ce qui tient à ce qu'on n'a employé que des préparations insolubles de ce métal.

Aussi, pour trancher la difficulté, et pour rapprocher physiologiquement ce métal de l'antimoine, auquel il ressemble tant par ses fonctions chimiques, j'ai préparé et employé l'émétique de bismuth, sel déjà connu des chimistes.

Avant de rapporter l'expérience que j'ai faite, je vais dire quelques mots sur le sous-nitrate et le carbonate, qui ont été employés en médecine.

Sous-nitrate de bismuth. — Depuis les travaux de M. Monneret, qui a fait voir que le sous-nitrate de bismuth peut être donné sans inconvénient jusqu'à la dose énorme de 60 grammes par jour, ce sel est un de ceux qui sont le plus employés dans l'art de guérir. Il est souverain dans la dysenterie et dans les diarrhées de toute nature, surtout dans celles qui accompagnent les maladies où s'effectuent des résorptions purulentes ou septiques. M. Bouchardat (*Manuel de matière médicale*) pense avoir établi la véritable théorie de l'efficacité

du sous-nitrate de bismuth, en démontrant qu'il agissait surtout comme désinfectant, et que ses indications les plus nettes se rattachaient à cette action désinfectante ; en effet, il réussit surtout dans les gastralgies accompagnées de fétidité de l'haleine et dans les diarrhées putrides. Son action désinfectante est double par l'hydrogène sulfuré absorbé et par l'acide nitrique mis en liberté ; M. J. Regnauld a surtout insisté sur cette dernière condition.

Pour que le sous-nitrate de bismuth soit d'une innocuité parfaite, il faut qu'il ne renferme pas d'arsenic et qu'il ne soit pas acide, car le nitrate acide est toxique.

Sous-carbonate de bismuth. — Le sous-carbonate de bismuth, préconisé par Hannon, est tout aussi insoluble que le sous-nitrate. Cependant il se dissout en petite quantité dans l'estomac, mais le chlorure qui en résulte doit se décomposer, de sorte qu'il pénètre dans l'organisme moins de bismuth que ne le croyait Hannon. Il n'est point nécessaire d'ailleurs que le bismuth soit absorbé, puisqu'il est reconnu que le sous-nitrate produit les effets les plus heureux en agissant localement dans l'intestin. Le sous-carbonate de bismuth n'a pas prévalu.

Émétique de bismuth. — L'émétique de bismuth est un corps blanc, soluble dans l'eau ; j'ignore encore son degré de solubilité et sa forme cristalline, mais je fais des recherches à ce sujet. On l'obtient en faisant bouillir pendant longtemps de l'eau contenant du bitartrate de potassium et de l'oxyde de bismuth en excès. Il se dépose, par la concentration de la liqueur, un sel ayant pour formule $C^4H^2K(BiO)'O^5$. On voit que cette formule est analogue à celle du tartre stibié chauffé

à 200 degrés, le radical *antimonyle* étant remplacé par le radical monoatomique BiO appelé *bismuthyle.*

64° *Expérience.* — Je porte à l'aide d'une sonde œsophagienne, dans l'estomac d'un lapin, n'ayant mangé dans la journée que du pain à discrétion, une solution de quelques centigrammes d'émétique de bismuth dissous dans 25 grammes d'eau distillée. Aussitôt après, l'animal éprouve de violentes secousses, des efforts considérables de vomissement (les lapins ne peuvent vomir), et tombe bientôt l'écume à la bouche; les battements cardiaques se ralentissent et il meurt, pendant qu'avec l'assistance de mes collègues du laboratoire je cherche à lui retirer une partie du liquide à l'aide de la pompe gastrique. Tout cela s'est passé en moins de trois minutes. Je l'ouvre presque immédiatement, après avoir fait toutefois des tentatives inutiles pour le rappeler à la vie, en comprimant alternativement le thorax. Le cœur bat encore. Ce qui me frappe, ce sont des ecchymoses à la surface et dans l'épaisseur des poumons, produites sans doute par les efforts de vomissement; ce sont surtout les fortes contractions de l'estomac et des intestins. L'estomac, ayant été vidé et lavé, a semblé se contracter encore. Les mouvements péristaltiques de l'intestin ont persisté longtemps; je les ai constatés, une demi-heure après la mort, sur le gros intestin qui reposait hors de l'abdomen sur une table, et, une heure après la mort, je les réveillais facilement encore sur l'intestin grêle par le simple toucher.

Le cerveau, le cervelet, la moelle allongée et la moelle épinière ne présentaient pas d'ecchymoses; l'encéphale était au contraire plutôt anémié.

Quelles conclusions tirer de cette expérience? Il est hors

de doute que, sans l'émétique de bismuth, le lapin ne serait pas mort. Mais l'ipéca ne produirait-il pas les mêmes effets? Je ne puis actuellement me prononcer sur les effets toxiques du bismuth; il faudrait des expériences nombreuses et variées, des injections de sels solubles de ce métal dans le sang et sous la peau. Toutefois, j'incline à penser que le bismuth doit être un métal actif; c'est ce que son analogie avec l'antimoine m'avait déjà suggéré.

4° *Osmium* (Os).

Poids atomique.. 197 — Chaleur spécifique.. 0,03063 — Densité.. 10 environ.

L'osmium a été découvert en 1803 par Tennant, et a été étudié dans ces dernières années par M. Fremy. Ce corps se rencontre dans la nature, surtout à l'état d'osmiure d'iridium; on l'obtient en calcinant le chlorure ammoniaco-osmique.

L'osmium n'est ni fusible ni volatil; il est peu tenace et peu malléable; cependant il est possible de le réduire en lames qui ont l'aspect du platine. Ce métal devrait, par ses fonctions chimiques, être rangé à côté de l'arsenic. Il s'enflamme dans l'oxygène à 100 degrés et donne de l'acide osmique; l'acide azotique lui fait subir la même oxydation, et le nitre le transforme en osmiate de potassium.

Les combinaisons les mieux étudiées de l'osmium sont: l'acide osmique, les osmiates et les osmites, bien que l'acide osmieux lui-même n'ait jamais été isolé. Je ne traiterai que du premier de ces composés.

Acide osmique. — Ce corps, le plus remarquable des composés de l'osmium, est un produit de l'oxydation directe de ce

métal; on le prépare en décomposant un osmiate ou un osmite par les acides. Il cristallise en prismes incolores, brillants, flexibles, fusibles à 40 degrés et très-solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther. La solution aqueuse abandonnée à l'air en laisse dégager une partie, et la solution alcoolique ou éthérée le réduit bientôt en osmium métallique, qui se dépose sous forme d'une poudre brune. Il est réduit également par le tannin et par plusieurs métaux, tels que le fer, le zinc, l'étain, le cuivre.

L'acide osmique est un acide faible qui ne rougit pas la teinture de tournesol et ne décompose pas les carbonates. Il forme, avec les alcalis, des sels incristallisables, que l'ébullition décompose en partie, en laissant dégager l'acide.

Je renvoie, pour les détails sur les autres combinaisons osmiques, au travail de M. Fremy, auquel j'ai emprunté une partie de ce qui précède.

Propriétés physiologiques. — Les vapeurs de l'acide osmique produisent sur les yeux une sensation de chaleur, et, si leur action est un peu prolongée, elles déterminent de de la conjonctivite. L'acide osmique produit également une inflammation des arrière-fosses nasales. Enfin les chimistes qui traitent l'osmiure d'iridium pour en obtenir soit de l'acide osmique, soit de l'iridium, voient des aphthes, des ulcères couvrir leur visage, leurs mains et quelquefois leur corps presque tout entier. Il faut conclure de ce fait que l'osmium est un métal délétère. C'est ce que pouvaient faire prévoir d'ailleurs ses analogies avec l'arsenic, et son poids atomique élevé.

Le professeur Schulze (de Bonn) est le premier qui ait employé l'acide osmique dans l'étude micrographique des nerfs.

Il me resterait maintenant à parler du tantale et du niobium, mais ces métaux sont très-peu connus.

SIXIÈME CLASSE. — MÉTAUX HEXATOMIQUES.

Je les diviserai en deux groupes :

Le premier contiendra le molybdène et le tungstène ; le deuxième, le rhodium, le ruthénium et l'iridium.

Ier GROUPE. — MOLYBDÈNE, TUNGSTÈNE.

Ces métaux se ressemblent extrêmement au point de vue chimique. Ils donnent tous les deux naissance à des sels, dans lesquels ils jouent le rôle d'élément électro-négatif, comme dans les molybdates et les tungstates; enfin, on connaît également d'autres sels de ces métaux, tels que les chlorures, les fluorures, les acétates, etc.

1° *Molybdène* (Mo).

Poids atomique.. 96 — Chaleur spécifique.. 0,07218 — Densité.. »

Scheele découvrit l'acide molybdique en 1778 et, quelques années plus tard, Hielm et Pelletier en retirèrent le molybdène.

Ce métal a l'aspect de l'argent ; il fond en vase clos à une température élevée, mais chauffé au contact de l'air il se transforme en acide molybdique. On obtient facilement ce dernier acide, en traitant par l'acide azotique le sulfure de molybdène naturel, qu'on avait pris, avant Scheele, pour de la

plombagine. L'acide molybdique se dissout facilement dans les alcalis, en donnant des sels solubles et doués d'une saveur métallique peu prononcée. Les autres molybdates sont en général insolubles.

J'ai voulu d'abord expérimenter sur l'acétate de molybdène, j'en avais préparé à cet effet; mais comme ce sel est presque insoluble, à moins que l'eau ne renferme de l'acide acétique, j'ai préféré me procurer du molybdate de sodium.

J'ai cherché en vain des renseignements sur les effets physiologiques du molybdène ; je crois donc être le premier qui ait essayé ce métal sur les animaux.

Molybdate de sodium. — Le sel que j'ai employé est celui qui est le plus commun et qui a pour formule $Na^2MbO^4 + 2H^2O$. Il cristallise en prismes incolores qui se dissolvent facilement dans l'eau. — Sa réaction est neutre et sa saveur est salée et faiblement métallique. J'ai reconnu qu'il ne coagule pas l'albumine. On l'obtient facilement en traitant l'acide molybdique par la soude. $2^{gr},52$ de ce sel renferment 1 gramme de métal.

65e *Expérience.* — J'ai fait avaler à une chienne, à jeun, une solution de $1^{gr},25$ de molybdate de sodium dans 30 gr. d'eau distillée. L'animal n'a paru en souffrir aucunement; il a conservé ses allures habituelles et son appétit ordinaire.

66e *Expérience.* — Le lendemain, la chienne se portait très-bien. Elle fut soumise à la même épreuve, mais la dose fut doublée. Je lui injectai dans l'estomac $2^{gr},50$ de molybdate de sodium dissous dans 40 grammes d'eau. Je ne remarquai encore rien, si ce n'est que le soir, à six heures, c'est-à-dire

trois heures après l'absorption du sel, elle parut avoir peu d'appétit. Le lendemain, elle se portait très-bien. Son urine avait conservé sa couleur habituelle; j'en recueillis une petite quantité, dans laquelle je ne pus reconnaître la présence du molybdène.

67e *Expérience.* — Quatre jours après, la même chienne reçut dans l'estomac 5 grammes de molybdate de sodium dissous dans 50 grammes d'eau. Ces 5 grammes de sel correspondaient à 2 grammes de molybdène. Les effets n'ont pas été plus marqués que précédemment.

Voilà une nouvelle exception à la règle que j'ai posée. Le tungstène, dont le poids atomique est encore plus fort que celui du molybdène, va se montrer aussi peu actif, lorsqu'il est introduit dans l'estomac, en combinaison avec le sodium. Je chercherai à expliquer ce fait à l'article suivant.

2° *Tungstène* (Tu).

Poids atomique.. 184 — Chaleur spécifique.. 0,03636 — Densité.. »

Scheele découvrit l'acide tungstique en 1780 dans le tungstate de calcium; un peu plus tard les frères d'Elhuyart isolèrent le métal, et en signalèrent la présence dans le wolfram qui est un tungstate de fer et de manganèse, à formule variable, mais dont la plus commune est $FeTuO^4,MnTuO^4$.

Le tungstène est d'un gris foncé; il peut acquérir l'éclat métallique par le frottement. Il est presque infusible. Les acides sulfurique et chlorhydrique ne le dissolvent pas, mais les oxydants l'attaquent; ainsi l'acide azotique le convertit en acide tungstique et le salpêtre en tungstate de potassium.

L'acétate de tungstène étant presque insoluble dans l'eau pure, j'ai employé dans mes expériences le tungstate de sodium, dont la formule $Na^2TuO^4+2H^2O$ est tout à fait comparable à celle du molybdate de sodium. Le tungstate de sodium du commerce se vend assez cher, aussi ai-je eu soin d'en préparer moi-même. Voici un moyen facile d'obtenir ce sel en grande quantité avec le wolfram, dont le prix est relativement peu élevé. On réduit le minerai en une poudre fine, à laquelle on ajoute un excès de carbonate de sodium, et l'on chauffe au rouge le mélange dans un creuset.

La masse noire obtenue est traitée par l'eau bouillante et filtrée; il passe une liqueur incolore qui laisse déposer, par le refroidissement, des cristaux de tungstate de sodium mêlés à des cristaux de carbonate. On le sépare de ces derniers par une nouvelle cristallisation. Les eaux mères sont recueillies avec soin; en les traitant par un acide, on en retire de l'acide tungstique.

L'acide tungstique est un corps d'une belle couleur jaune, insoluble dans l'eau et dans les acides, mais soluble dans les bases alcalines avec lesquelles il forme des tungstates. Traité par le charbon, il perd son oxygène, à l'état d'oxyde de carbone, et laisse un résidu de tungstène.

Tungstate de sodium. — J'ai donc préparé le sel en question en suivant la méthode que j'ai indiquée. Le tungstate de sodium se présente sous l'aspect d'un beau sel incolore très-soluble, et doué d'une saveur faiblement métallique et non désagréable. Il cristallise avec deux molécules d'eau, de sorte que sa formule est analogue à celle du molybdate de sodium.

68[e] *Expérience.* — La chienne que j'avais traitée par le molybdate de sodium est soumise à des épreuves tout à fait semblables avec le tungstate. Les phénomènes observés sont identiques (1).

Faut-il conclure de ces expériences que le tungstène et le molybdène sont inactifs? Ce serait téméraire, puisque je n'ai opéré que sur des sels où ces métaux fonctionnent comme élément électro-négatif. Ils jouent, par rapport au sodium, le même rôle que le résidu SO^4 dans les sulfates. Considérés sous ce point de vue, le molybdate et le tungstate de sodium, $MbSO^4$ et $TuSO^4$, sont tout à fait comparables au sulfate de sodium Na^2SO^4. Je devrai donc faire encore de nombreuses expériences, et voir comment se comporteront ces métaux, en employant d'autres sels, tels que leurs chlorures, leurs acétates, s'il est possible.

Je ne dirai rien du rhodium, du ruthénium ni de l'iridium. Ces métaux sont assez connus en chimie, mais leurs propriétés physiologiques n'ont pas encore été étudiées.

(1) Gmelin a avancé, il y a longtemps déjà, que le tungstène n'était pas toxique.

ADDITIONS

Acide fluorhydrique.— J'ai dit, page 18, que l'acide fluorhydrique n'exerçait, pour ainsi dire, aucune action sur les tissus épidermiques condensés, tels que les cornes, les ongles, etc.

Depuis, j'ai étudié de nouveau cette question et je suis arrivé à deux résultats importants que je vais faire connaître.

69e *Expérience.* — Je me verse, sur l'ongle d'un pouce et sur l'ongle d'un doigt médius, une goutte d'acide fluorhydrique concentré, que j'y laisse séjourner pendant une demi-heure. L'action locale est nulle. Mais trois heures après, je commence à sentir sous l'ongle du doigt médius une douleur un peu brûlante qui persiste jusqu'au lendemain. Je ne ressens rien encore au pouce ; ce n'est que vingt heures après l'application de l'acide fluorhydrique que j'éprouve une douleur semblable à la précédente.

Cette expérience est l'une de celles que l'on pourrait invoquer en faveur de l'imbibition, phénomène sur lequel insistait Magendie. Elle prouve péremptoirement que les canaux sanguins ne sont pas les seuls organes vecteurs des poisons, et explique ainsi le mode de nutrition de différentes parties de l'organisme dépourvues de vaisseaux.

70e *Expérience.* — Je fais macérer pendant huit jours des ongles de chien dans de l'acide fluorhydrique. M. Legros et moi nous les examinons ensuite au microscope, et nous reconnaissons bientôt que l'acide fluorhydrique est peut-être le meilleur réactif pour l'étude histologique de ce tissu épider-

mique, et qu'il est préférable à la potasse et à la soude. Les cellules épidermiques ne sont pas altérées, mais elles sont devenues très-visibles, par la disparition de la matière amorphe qui les entoure.

Tels sont les deux résultats que j'ai cru devoir faire connaître. On voit qu'en suivant la méthode expérimentale, on découvre souvent des choses que l'on ne cherchait pas d'abord.

Carbonate de baryum. — On a vu, page 85, que j'avais commencé une expérience avec le carbonate de baryum. J'avais mêlé à la nourriture d'un rat 1 gramme de ce carbonate; le premier jour il en mangea très-peu, et le second moins encore : il paraissait souffrant. Le troisième jour il éprouva de véritables symptômes d'ataxie locomotrice; il avait en même temps de la contracture et de la paralysie. C'étaient surtout les membres postérieurs qui étaient atteints. Enfin il mourut après avoir éprouvé quelques convulsions. Le rat avait absorbé environ 5 centigrammes du sel de baryum.

On voit que le carbonate de baryum artificiel, aussi bien que le carbonate naturel, peut faire périr rapidement les animaux. Je répéterai les expériences de Pelletier, qui n'a pu empoisonner des chiens avec le même sel obtenu artificiellement.

Relation entre la chaleur spécifique et le poids atomique. — Après avoir déterminé la chaleur spécifique de treize corps simples, Dulong et Petit ont posé, en 1819, la loi suivante :

Les atomes de tous les corps simples possèdent la même chaleur spécifique. En effet, désignons par C la chaleur spé-

cifique d'un corps simple, par c la chaleur spécifique d'un atome, par n le nombre d'atomes contenu dans l'unité de poids, et par p le poids atomique, il vient :

$$c=\frac{C}{n}, \text{ et } p=\frac{1}{n}.$$

En multipliant C par p, on a $C \times p = c$. La chaleur spécifique d'un atome est donc égale au produit de la chaleur spécifique du corps simple par son poids atomique. Or, ce nombre c est une constante et est égal à 6,4.

Il en résulte que la loi de Dulong et Petit peut s'exprimer d'une autre manière, en disant que *les chaleurs spécifiques des corps simples sont en raison inverse de leurs poids atomiques*. C'est pourquoi, d'après cette dernière définition, ma loi atomique peut s'énoncer aussi en disant que *les métaux sont d'autant plus actifs que leur chaleur spécifique est plus faible*.

Cette relation entre l'activité des métaux et leurs capacités calorifiques fera, sans doute, surgir de nouvelles et de nombreuses expériences.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE. — FLUORURES.

DEUXIÈME PARTIE. — MÉTAUX.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Paris. — Imprimerie de E. MARTINET, rue Mignon, 2.